

PIÈCE 3

ÉTUDE DE DANGERS ET RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

PROJET ÉOLIEN DE SAINT-BON

Commune de Saint-Bon
Département de la Marne (51)
EDPR France



Préambule

NOS VALEURS



INITIATIVE



CONFIANCE



EXCELLENCE



INNOVATION



DÉVELOPPEMENT DURABLE

Parc éolien de Saint-Bon

Le présent document constitue le point d'entrée du dossier de demande d'autorisation environnementale.

La société EDPR envisage d'implanter 3 éoliennes sur la commune de Saint-Bon, commune limitrophe d'Escardes et Bouchy-Saint-Genest, sur lesquelles sont implantées 6 éoliennes, développées par EDPR ces dernières années.

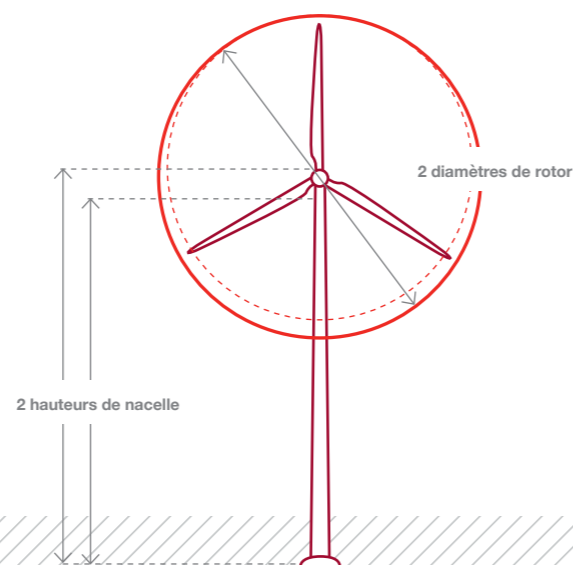
L'origine du projet éolien de Saint-Bon remonte à 2016. À cette époque, la connaissance du territoire local et du potentiel éolien conduisent EDPR à étudier la faisabilité d'un nouveau projet.

La configuration actuelle du parc, proposée dans le dossier, repose sur la prise en compte de nombreux critères tels que :

- Le potentiel éolien du site;
- L'intérêt d'une production locale et durable;
- La compatibilité avec le schéma régional éolien de Champagne-Ardenne et le Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET);
- La compatibilité avec les pratiques locales agricoles et le maintien de ces dernières, notamment par l'utilisation des chemins existants et le respect des sens de culture;
- L'absence d'enjeux « forts » concernant les fonctions écologiques du territoire;
- La prise en compte du patrimoine et des enjeux paysagers.

Le projet de parc éolien de Saint-Bon est issu d'un long processus d'échange avec les parties prenantes durant lequel chaque représentant a pu être consulté et a pu présenter ses recommandations au maître d'ouvrage. Ces échanges ont ainsi permis à EDPR d'envisager la préparation d'un dépôt du dossier de qualité, respectueux des enjeux et des attentes du territoire.

De nombreuses initiatives et rencontres allant de la visite de parc, en passant par l'organisation d'un comité de pilotage régulier, appuyées par des outils d'information adaptés (lettre d'information, flyer) ont nourri (quant à eux), les réflexions sur le projet et fait toute la lumière sur le parc éolien à l'étude.



Gabarits des éoliennes
Hauteur totale : 150m
Hauteur de moyeu : 110 à 117m
Diamètre rotor : 91m à 95m

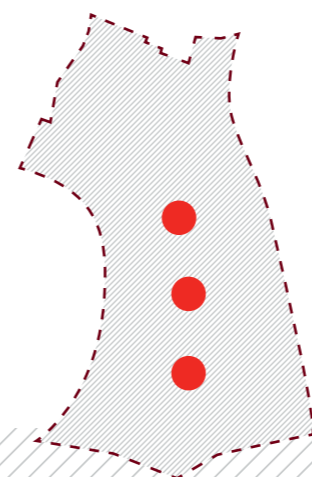


Schéma d'implantation prévisionnelle

		Quantité
Éoliennes		10,5 MW
Production		21,850 GWh/an
Consommation		8 500 personnes (hors chauffage)

Chiffres-clés

PROJET ÉOLIEN DE « SAINT-BON » (51)

EDPR FRANCE HOLDING

ÉTUDE DE DANGERS



DOSSIER D'AUTORISATION UNIQUE ICPE

VERDI Grand Est

Partie A - Résumé

Citation recommandée :

Étude de dangers pour le projet éolien de « Saint-Bon », VERDI pour EDPR France Holding. Version 2, Indice 1. Juillet 2020, 130 p.

Porteur de projet :

EDPR France Holding

Auteurs de l'étude :

Rédacteur : Laure KIPPEURT (Responsable Environnement, Directrice d'étude, VERDI)

Grille de révision

2	Juillet 2020	Dossier initial, reprise suite analyse client	Laure KIPPEURT	Laure KIPPEURT
1	Juin 2020	Dossier initial	Laure KIPPEURT	Laure KIPPEURT
Indice de révision	Date	Commentaires	Émis par	Vérifié par

Partie B - Sommaire



Partie A - Résumé	2
Partie B - Sommaire	3
Partie C - Résumé non technique	9
Chapitre 1 - Avant-propos	11
A) Objectif de l'étude de dangers	11
B) Contexte législatif et réglementaire	11
C) Référence nomenclature ICPE	11
Chapitre 2 - Environnement de l'installation et synthèse des agressions externes potentielles	11
A) Environnement humain	11
B) Environnement matériel	12
C) Environnement naturel	12
Chapitre 3 - Potentiel de danger de l'installation et réduction des risques à la source	13
A) Potentiel de danger	13
B) Réduction des risques à la source	13
C) Analyse préliminaire des risques (APR)	13
Chapitre 4 - Analyse détaillée de réduction des risques	14
Chapitre 5 - Synthèse de l'analyse des risques	15
A) Tableaux de synthèse des scénarii étudiés	15
B) Synthèse de l'acceptabilité des risques	15
Chapitre 6 - Conclusion	16
Partie D - Avant-propos	17
Chapitre 1 - Objectif de l'étude de dangers	19
Chapitre 2 - Contexte législatif et réglementaire	19
Chapitre 3 - Nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement	19
Partie E - Informations générales concernant l'installation	21
Chapitre 1 - Renseignements administratifs	23
Chapitre 2 - Localisation du site	23
Chapitre 3 - Définition de l'aire d'étude	24
Partie F - Description de l'environnement de l'installation	25
Chapitre 1 - Environnement humain	27
A) Zones urbanisées	27
B) Établissements recevant du public (ERP)	28
C) Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base (INB)	29
Chapitre 2 - Environnement naturel	30
A) Contexte climatique	30
A.1) Le climat régional	30
A.2) Températures et précipitations	30
A.3) Le vent	31
B) Risques naturels	32
B.1) Sismicité	32
B.2) Mouvements de terrain	32

B.3) Foudre	34
B.4) Tempêtes	34
B.5) Incendies de forêts	35
B.6) Inondations	35
B.7) Remontée de nappe	36
Chapitre 3 - Environnement matériel	37
A) Voies de communication	37
A.1) Transport fluvial	37
A.2) Transport ferroviaire	37
A.3) Transport routier	37
A.4) Transport aérien	38
B) Réseaux publics et privés	38
B.1) Transport d'électricité	38
B.2) Canalisation de transport	38
B.3) Réseaux d'assainissement	39
B.4) Réseaux d'alimentation en eau potable	39
Chapitre 4 - Cartographie de synthèse	40
Partie G - Description de l'installation	41
Chapitre 1 - Caractéristiques de l'installation	43
A) Caractéristiques générales d'un parc éolien	43
A.1) Éléments constitutifs d'un aérogénérateur	43
A.2) Éléments constitutifs du poste de livraison	43
A.3) Emprise au sol	44
A.4) Chemins d'accès	44
B) Activité de l'installation	44
C) Composition de l'installation	45
Chapitre 2 - Fonctionnement de l'installation	50
A) Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur	50
B) Sécurité de l'installation	50
B.1) Mesures de sécurité	50
B.1.a) Système de fermeture de la porte	50
B.1.b) Balisage des éoliennes	50
(i) Balisage lumineux de jour	50
(ii) Balisage lumineux de nuit	51
B.1.c) Balisage en phase chantier	51
B.1.d) Protection contre le risque incendie	51
(i) Système de détection et d'alarme	51
(ii) Système de lutte contre l'incendie	51
(iii) Procédure d'urgence en cas d'incendie	51
B.1.e) Protection contre le risque foudre	51
B.1.f) Protection contre la survitesse	51
B.1.g) Protection contre l'échauffement	52
B.1.h) Protection contre la glace	52
B.1.i) Protection contre le risque électrique	52
B.1.j) Protection contre le risque de fuite de liquide dans la nacelle	52
B.1.k) Sécurité positive de l'éolienne – redondance des capteurs	52
B.1.l) Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes (SCADA)	52
(i) Dans le cas où le système SCADA est défectueux	53
(ii) Dans le cas d'une rupture du réseau de fibres optiques	53
B.2) Respect des principales normes applicables à l'installation	53

B.3) Nature et organisation des moyens de secours	56
C) Opérations de maintenance de l'installation	56
C.1) Personnel qualifié et formation continue	56
C.2) Planification de la maintenance	56
C.2.a) Préventive	56
C.2.b) Curative	56
D) Stockage et flux de produits dangereux	56
Chapitre 3 - Fonctionnement des réseaux de l'installation	57
A) Raccordement électrique	57
A.1) Réseau inter-éolien	57
A.2) Poste de livraison	57
A.3) Réseau électrique externe	57
B) Autres réseaux	57
Partie H - Identification des potentiels de dangers de l'installation	59
Chapitre 1 - Potentiels de dangers liés aux produits	60
A) Inventaire des produits	60
B) Danger des produits	60
B.1) Inflammabilité et comportement vis-à-vis de l'incendie	60
B.2) Toxicité pour l'homme	60
B.3) Dangereux pour l'environnement	60
Chapitre 2 - Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	60
Chapitre 3 - Réduction des potentiels de dangers à la source	61
A) Principales actions préventives	61
A.1) Choix de l'implantation des installations	61
A.2) Choix du modèle d'éolienne	61
B) Utilisation des meilleures techniques disponibles	61
Partie I - Analyse des retours d'expérience	63
Chapitre 1 - Inventaire des accidents et incidents en France	65
Chapitre 2 - Inventaire des accidents et incidents à l'international	66
Chapitre 3 - Inventaires des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant	67
Chapitre 4 - Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	67
A) Analyse de l'évolution des accidents en France	67
B) Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	68
Chapitre 5 - Limites d'utilisation de l'accidentologie	68
Partie J - Analyse préliminaire des risques	69
Chapitre 1 - Objectif de l'analyse préliminaire des risques	71
Chapitre 2 - Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	71
Chapitre 3 - Recensement des agressions externes potentielles	71
A) Agressions externes liées aux activités humaines	71
B) Agressions externes liées aux phénomènes naturels	72
Chapitre 4 - Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	72
Chapitre 5 - Effets dominos	75

Chapitre 6 - Mise en place des mesures de sécurité	75
Chapitre 7 - Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	78
Partie K - Étude détaillée des risques	79
Chapitre 1 - Rappel des définitions	81
A) Cinétique	81
B) Intensité	81
C) Gravité	81
D) Probabilité	82
Chapitre 2 - Caractérisation des scénarios retenus	83
A) Effondrement de l'éolienne	83
A.1) Zone d'effet	83
A.2) Intensité	83
A.3) Gravité	83
A.4) Probabilité	84
A.5) Acceptabilité	84
B) Chute de glace	85
B.1) Considérations générales	85
B.2) Zone d'effet	85
B.3) Intensité	85
B.4) Gravité	85
B.5) Probabilité	86
B.6) Acceptabilité	86
C) Chute d'éléments de l'éolienne	87
C.1) Zone d'effet	87
C.2) Intensité	87
C.3) Gravité	87
C.4) Probabilité	87
C.5) Acceptabilité	87
D) Projection de pales ou de fragments de pales	88
D.1) Zone d'effet	88
D.2) Intensité	88
D.3) Gravité	88
D.4) Probabilité	89
D.5) Acceptabilité	89
E) Projection de glace	90
E.1) Zone d'effet	90
E.2) Intensité	90
E.3) Gravité	90
E.4) Probabilité	91
E.5) Acceptabilité	91
Chapitre 3 - Synthèse de l'étude détaillée des risques	92
A) Tableaux de synthèse des scénarii étudiés	92
B) Synthèse de l'acceptabilité des risques	92
C) Cartographie des risques	93
Partie L - Conclusion	95
Partie M - Glossaire	99
Partie N - Bibliographie	103

Partie O - Annexes	107
Partie P - Index	125
Chapitre 1 - Table des figures	127
Chapitre 2 - Table des cartes	127
Chapitre 3 - Table des tableaux	128

Partie C - Résumé non technique



Chapitre 1 - Avant-propos

A) Objectif de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par **EDPr France Holding** pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du « **parc éolien de Saint-Bon** », 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 de Saint-Bon** ». 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 de Saint-Bon** », 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.

La présente étude est élaborée en suivant les préconisations du guide technique pour l'élaboration de l'étude de danger dans le cadre des parcs éoliens (INERIS, mai 2012).

B) Contexte législatif et réglementaire

L'article L181-1 du Code de l'environnement précise que le régime d'autorisation environnementale est applicable aux installations classées pour la protection de l'environnement.

L'article L181-25 du Code de l'environnement précise que l'étude de danger doit exposer les risques que peut présenter l'installation classée pour la protection de l'environnement en cas d'accident que la cause soit interne ou externe à l'installation.

Le contenu de l'étude de dangers est quant à lui fixé à l'article D181-15-2 du code de l'environnement

C) Référence nomenclature ICPE

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 :

Le « parc éolien de Saint-Bon » comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m. Cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

Chapitre 2 - Environnement de l'installation et synthèse des agressions externes potentielles

Le « parc éolien de Saint-Bon », composé de 3 aérogénérateurs, est localisé sur la commune de Saint-Bon, dans le département de la Marne (51), en région Grand-Est.

A) Environnement humain

Aucune zone d'habitat n'a été relevée à moins de 500 m des éoliennes du projet. Il n'existe pas d'établissement recevant du public (ERP) à proximité du projet.

Le tableau ci-après présente les distances les plus courtes entre les éoliennes et les habitations des villages et/ou hameaux du secteur. Ces distances sont figurées dans la carte ci-contre.

Distances entre le projet et les zones urbanisées		
Éoliennes	Zones urbanisées	Distances
E2	Hameau Villouette de la commune de Saint-Bon	800 m
E3	Village de Saint-Bon	1.8 km
E3	Hameau de Chommé de la commune de Bouchy-Saint-Genest	2.4 km
E3	Hameau de La Soucière de la commune de Bouchy-Saint-Genest	1.8 km
E3	Lieu-dit Les Hauts Grès de la commune de Bouchy-Saint-Genest	2.7 km
E1	Village d'Escardes	1.9 km
E1	Lieu-dit Haut d'Escardes de la commune d'Escardes	2.3 km
E1	Lieu-dit de Champfleury de la commune de Montceaux-Les-Provins	1.6 km
E1	Commune de Courgivaux	2.5 km

Aucun ERP n'est identifié dans la zone d'étude du projet. Le tableau ci-après présente les établissements recevant du public (ERP) localisés à proximité du projet.

ERP (Source : DDT 51)		
Commune	Nom de l'ERP	Distance à l'éolienne la plus proche
Saint-Bon	Salle socio-culturelle	2.2 km (E3)
Bouchy-Saint-Genest	Chapelle	3.3 km (E3)
Courgivaux	Bâtiment communal	2.8 km (E1)

Aucune ICPE n'est identifiée dans l'aire d'étude du projet. Le tableau ci-après présente les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) localisées à proximité du projet. Il est noté qu'aucun de ces établissements n'est classés SEVESO.

ICPE (Source : Géorisques)			
Commune	Nom de l'ICPE	Régime de classement au titre des ICPE	Distance à l'éolienne la plus proche
Montceaux-Lès-Provins	SCEA Franc'œufs Activité principale : Culture de céréales (à l'exception du riz), de légumineuses et de graines oléagineuses	Soumis à Enregistrement Non SEVESO	3.5 km (E1)
Bouchy-St-Genest	SAS Parc éolien d'Escardes Activité principale : Production d'électricité	Soumis à Autorisation Non SEVESO	2.6 km (E3)
Les Essarts le Vicomte	GAEC de la Grande contrée Activité principale : Culture de céréales (à l'exception du riz), de légumineuses et de graines oléagineuses	Soumis à Enregistrement Non SEVESO	4.4 km (E3)

Il est à noter que l'ICPE « SAS Parc éolien d'Escardes » référencée sur la commune de Bouchy-Saint-Genest présente des éoliennes au sud/sud-est de la zone d'étude. L'éolienne de cette ICPE la plus proche de l'aire d'étude est située au sud de l'éolienne E3. L'interdistance entre ces deux éoliennes est de plus de 580 m.

Concernant les installations nucléaires de base (INB), aucune INB n'est présente dans l'aire d'étude du projet. Les 2 INB les plus proches sont situées à plus de 20 km au sud du projet sur la commune de Nogent sur Seine. Il s'agit de deux réacteurs exploités par EDF.

B) Environnement matériel

La commune de Saint-Bon n'est pas concernée par un réseau fluvial et aucune voie ferrée ne se trouve à proximité de l'aire d'étude.

Des voies de communications pour le transport routier sont présentes dans l'aire d'étude. Il s'agit de chemins. Une route Départementale (RD249) est parallèle à l'aire d'étude sur sa partie ouest.

L'aire d'étude ne présente pas d'aéroport ou aérodrome.

Selon RTE, aucune ligne, aérienne ou souterraine, appartenant au Réseau public de Transport d'énergie Électrique (ouvrage de tension supérieur à 50 000 Volts) n'est présente sur l'aire d'étude.

La société GRTgaz indique dans sa réponse à la consultation qu'une canalisation de gaz naturel haute pression se situe dans l'aire d'étude. Une étude spécifique a été menée par GRTgaz concluant à la compatibilité de l'ouvrage avec des éoliennes V117 à une distance minimale de 182m.

La commune de Saint-Bon ne possède pas de station d'épuration sur son territoire. L'assainissement y est non collectif et géré par le Service Public d'Assainissement Non Collectif de la Communauté de Communes de Sézanne Sud-ouest Marnais.

Un Château d'eau est présent sur la commune de Saint-Bon entre les lieux-dits de « Le Montant des Bois » et « les fourneaux ». Le lieu de production de l'eau potable distribuée sur la commune de Saint-Bon est situé sur la commune de Provins (nom du lieu de production : TRANSPREAUVINOIS) et est géré par SUEZ. La distance entre le Château d'eau et l'aire d'étude est d'environ 995 m.

C) Environnement naturel

Le département de la Marne possède un climat océanique dégradé sous influence continentale soumis à la fois aux influences climatiques maritimes et continentales, où celles-ci se contrarient.

Les températures sont intermédiaires : environ 11°C en moyenne annuelle, entre 8 et 14 jours avec une température inférieure à -5°C. Les précipitations sont faibles : moins de 700 mm de cumul annuel, surtout en été, mais les pluies tombent en moyenne sur 12 jours en janvier et sur 8 en juillet, valeurs moyennes rapportées à l'ensemble du territoire français.

L'aire d'étude située dans le département de la Marne (51) est située dans un zonage sismique classé très faible.

La zone d'étude présente un aléa de retrait gonflement des argiles d'un niveau allant de moyen à fort. Il est à noter que le porteur de projet a réalisé une étude hydrogéologique sur le parc éolien d'Escardes (situé au sud de la zone d'étude) pour définir les prescriptions à appliquées durant la phase de chantier. Ce risque est donc intégré à la conception du projet.

Cet aléa de mouvements de terrains est absent de la zone d'étude. La donnée la plus proche se trouve sur la commune de Les Essarts-le-Vicomte, concernée par des effondrements. Les effondrements sont localisés à 4 km au sud-est de l'aire d'étude.

L'aire d'étude n'est pas concernée par l'aléa cavités souterraines, mais les communes de Courgivaux, Escardes, Montceaux-lès-Provins et Saint-Bon présentent des cavités souterraines d'origine naturelle.

Le nombre de jours moyens d'orages par an entre 1999 et 2006 est de 38,75 sur le département de la Marne ce qui reste dans la moyenne française.

L'aire d'étude située dans le département de la Marne est située dans un secteur n'étant pas dans les trajectoires des centres dépressionnaires liés aux dernières tempêtes françaises. La Marne se situe entre la trajectoire de la tempête LOTHAR et la trajectoire de la tempête MARTIN.

Le Département de la Marne (51), dans lequel se situe l'aire d'étude compte un nombre moyen de feux/an compris entre 0 et 10 feux.

L'aire d'étude ne présente pas de cours d'eau et n'est pas dans un Périmètre de Protection du Risque Inondation (PPRI).

Concernant le risque de remontée de nappe, une partie de l'aire d'étude au sud-ouest est sujette au risque d'inondation des caves.

Chapitre 3 - Potentiel de danger de l'installation et réduction des risques à la source

A) Potentiel de danger

Les dangers liés au fonctionnement du « parc éolien de Saint-Bon » 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
- Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant.

Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation			
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

B) Réduction des risques à la source

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.

C) Analyse préliminaire des risques (APR)

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 :

Scénarii exclus de l'étude détaillée (Source : Guide étude de dangers)	
Nom du scénario exclu	Justifications
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 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

Les cinq catégories de scénarios étudiées dans l'étude détaillée des risques 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.

Chapitre 4 - Analyse détaillée de réduction des risques

Dans le cadre de l'étude de dangers du « parc éolien de Saint-Bon », le modèle d'éolienne retenu est la VESTAS V117 3.45 MW.

C'est donc ce modèle avec les caractéristiques détaillées dans le tableau ci-après qui fera l'objet de l'étude détaillée des risques.

Caractéristique	Valeur
Hauteur de moyeu	91.5 m
Hauteur mât et nacelle	118.3 m
Hauteur totale de l'éolienne en bout de pale	150.0 m
Diamètre de rotor	117 m
Rayon du rotor	58.5 m
Largeur du mât	4 m
Largeur de base de la pale	4 m
Longueur d'une pale	57.2 m

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Degré d'exposition	Seuil
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.

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

Gravité	Intensité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée
« Désastreux »		Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
« Catastrophique »		Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
« Important »		Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieux »		Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées

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 :

Niveaux	Échelle qualitative	Échelle 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.	$\leq 10^{-5}$

Chapitre 5 - Synthèse de l'analyse des risques

A) Tableaux de synthèse des scénarii étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques :

- ➔ la cinétique,
- ➔ l'intensité,
- ➔ la gravité,
- ➔ la probabilité.

Scénario de projection de morceaux de glace – Acceptation du risque					
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m	Rapide	Exposition forte	D	Modéré pour toutes les éoliennes du "parc éolien de Saint-Bon"
Chute d'élément de l'éolienne	Dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 117 \text{ m}/2 = 58.5 \text{ m}$	Rapide	Exposition forte	C	Sérieux pour toutes les éoliennes du "parc éolien de Saint-Bon"
Chute de glace	Dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 117 \text{ m}/2 = 58.5 \text{ m}$	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré pour toutes les éoliennes du "parc éolien de Saint-Bon"
Projection de pales ou de fragments de pales	Zone de 500 m autour de chaque éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieux pour toutes les éoliennes du "parc éolien de Saint-Bon"
Projection de glace	Dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne = 308 m	Rapide	Exposition modérée	B	Modéré pour toutes les éoliennes du "parc éolien de Saint-Bon"

B) 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.

Synthèse de l'acceptabilité des risques					
GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Projection de pales ou de fragments de pales	Chute d'élément de l'éolienne		
Modéré		Effondrement de l'éolienne		Projection de glace	Chute de glace

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		acceptable
Risque faible		acceptable
Risque important		non acceptable

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- ➔ aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- ➔ certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans *Chapitre 6 - Mise en place des mesures de sécurité* ;
- ➔ pour l'ensemble des aérogénérateurs la matrice est identique.

Chapitre 6 - Conclusion

La présente étude de dangers a été réalisée dans le cadre du « projet éolien de Saint-Bon » situé sur la commune de Saint-Bon dans le département de la Marne (51) en Région Grand-Est.

Elle a permis de mettre en évidence les dangers que peut présenter l'installation en cas :

- ➔ d'accident d'origine externe c'est-à-dire les risques liés à l'environnement du site du projet) ;
- ➔ d'accident d'origine interne c'est-à-dire les dysfonctionnement des machines ou encore des problèmes techniques.

Le site du projet est situé en-dehors des zones concernées par des risques naturels ou anthropiques majeurs.

Une analyse préliminaire des risques a été réalisée, basée d'une part sur l'accidentologie permettant d'identifier les accidents les plus courants et basée d'autre part sur une identification des scénarii d'accidents.

Cinq catégories de scénarii sont ressortis de l'analyse préliminaire des risques :

- ➔ Projection de pale ou de fragment de pale ;
- ➔ Effondrement de l'éolienne ;
- ➔ Chute d'éléments de l'éolienne ;
- ➔ Chute de glace ;
- ➔ Projection de morceaux de glace.

Pour tous les scénarii, il a été réalisé une analyse croisant le niveau de gravité avec la probabilité afin de déterminer l'acceptabilité des risques selon 3 catégories :

- ➔ « **accidents inacceptables** » susceptibles d'engendrer des dommages sévères à l'intérieur et hors des limites du site ;
- ➔ « **accidents acceptables** » mais pour lesquels des fonctions de sécurité devront être mises en place ;
- ➔ « **accidents acceptables** » qui ne nécessitent pas de mesures de réduction du risque supplémentaire.

Dans le cadre du « parc éolien de Saint-Bon », les scénarii étudiés ont obtenus les niveaux de risques suivants :

- ➔ Projection de pale ou de fragment de pale => **niveau acceptable** ;
- ➔ Effondrement de l'éolienne => **niveau acceptable** ;
- ➔ Chute d'éléments de l'éolienne => **niveau acceptable** mais nécessitant des mesures spécifiques ;
- ➔ Chute de glace => **niveau acceptable** mais nécessitant des mesures spécifiques ;
- ➔ Projection de morceaux de glace => **niveau acceptable**.

Les éoliennes qui seront installées sur le site bénéficieront des dernières technologies permettant de prévenir les dysfonctionnements et de limiter les risques d'incident ou d'accident.

Après une analyse détaillée des risques, selon la méthodologie de la circulaire du 10 mai 2010, il apparaît que tous les scénarii sont acceptables.

Partie D - Avant-propos



Chapitre 1 - Objectif de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par **EDPr France Holding** pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du « **parc éolien de Saint-Bon** », 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 de Saint-Bon** ». 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 de Saint-Bon** », 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.
- ➔ **La présente étude est élaborée en suivant les préconisations du guide technique pour l'élaboration de l'étude de danger dans le cadre des parcs éoliens (INERIS, mai 2012).**

Chapitre 2 - Contexte législatif et réglementaire

L'article L181-1 du Code de l'environnement précise que le régime d'autorisation environnementale est applicable aux installations classées pour la protection de l'environnement.

Article L181-1 du Code de l'environnement, créé par Ordonnance n°2017-80 du 26 janvier 2017 - art. 1 :

« L'autorisation environnementale, dont le régime est organisé par les dispositions du présent livre ainsi que par les autres dispositions législatives dans les conditions fixées par le présent titre, est applicable aux activités, installations, ouvrages et travaux suivants, lorsqu'ils ne présentent pas un caractère temporaire :

1° Installations, ouvrages, travaux et activités mentionnés au I de l'article L. 214-3, y compris les prélèvements d'eau pour l'irrigation en faveur d'un organisme unique en application du 6° du II de l'article L. 211-3 ;

2° Installations classées pour la protection de l'environnement mentionnées à l'article L. 512-1.

Elle est également applicable aux projets mentionnés au deuxième alinéa du II de l'article L. 122-1-1 lorsque l'autorité administrative compétente pour délivrer l'autorisation est le préfet, ainsi qu'aux projets mentionnés au troisième alinéa de ce II.

L'autorisation environnementale inclut les équipements, installations et activités figurant dans le projet du pétitionnaire que leur connexité rend nécessaires à ces activités, installations, ouvrages et travaux ou dont la proximité est de nature à en modifier notablement les dangers ou inconvénients.

NOTA : Conformément à l'article 15 de l'ordonnance n° 2017-80 du 26 janvier 2017 ces dispositions entrent en vigueur le 1er mars 2017 sous réserve des dispositions prévues audit article. »

L'article L181-25 du Code de l'environnement précise que l'étude de danger doit exposer les risques que peut présenter l'installation classée pour la protection de l'environnement en cas d'accident que la cause soit interne ou externe à l'installation.

Article L181-25 du Code de l'environnement, créé par Ordonnance n°2017-80 du 26 janvier 2017 - art. 1 :

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

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

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

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

NOTA : Conformément à l'article 15 de l'ordonnance n° 2017-80 du 26 janvier 2017 ces dispositions entrent en vigueur le 1er mars 2017 sous réserve des dispositions prévues audit article. »

Le contenu de l'étude de dangers est quant à lui fixé à l'article D181-15-2 du code de l'environnement

Article D181-15-2 du code de l'environnement, modifié par Décret n°2019-1035 du 9 octobre 2019 - art. 36

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

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

Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. Dans le cas des installations figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-8, le pétitionnaire doit fournir les éléments indispensables pour l'élaboration par les autorités publiques d'un plan particulier d'intervention.

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

Chapitre 3 - Nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement

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 :

Annexe (4) à l'article R511-9

Modifié par Décret n°2011-984 du 23 août 2011 - art.

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

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

(2) Rayon d'affichage en kilomètres.

(3) Décret n° 2010-369 du 13 avril 2010, article 2 : les rubriques 167 et 322 sont supprimées. Se référer à la place aux rubriques 2770 et 2771.

Le « parc éolien de Saint-Bon » comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m. Cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

Partie E - Informations générales concernant l'installation



Chapitre 1 - Renseignements administratifs

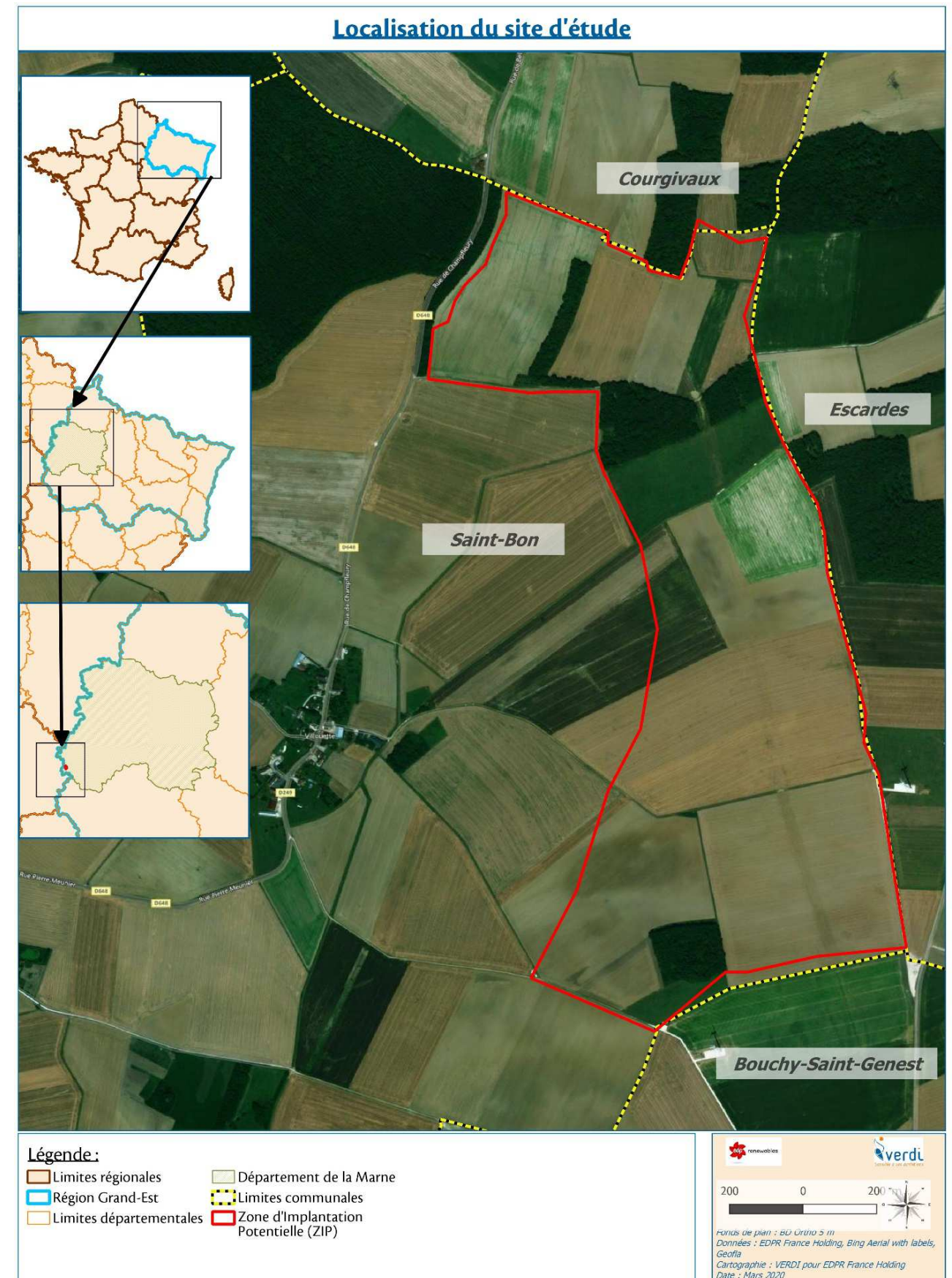
L'étude de dangers doit préciser l'identité du porteur de projet et de l'exploitant de l'installation projetée (nom, raison sociale, adresse, numéro d'immatriculation au RCS...) ainsi que celle des personnes qui ont réalisé l'étude de dangers (rédacteurs, prestataires externes, etc.). Ces éléments sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 1 : Renseignements administratifs		
Identité du porteur de projet	Nom :	EDP Renewables
	Raison sociale :	EDP France Holding
	Adresse :	25 quai Panhard et Levassor, 75013 Paris
	Numéro d'immatriculation au Registre de Commerce :	797 610 730 R.C.S Paris
Identité de l'exploitant de l'installation projetée :	Nom :	EDP Renewables
	Raison sociale :	EDP France Holding
	Adresse :	25 quai Panahrd et Levassor, 75013 Paris
	Numéro d'immatriculation au Registre de Commerce :	797 610 730 R.C.S Paris
Personnes qui ont réalisé l'étude de dangers	Nom :	KIPPEURT Laure
	Société :	VERDI Grand Est
	Qualification :	Responsable Environnement et EnR

Chapitre 2 - Localisation du site

Le « parc éolien de Saint-Bon », composé de 3 aérogénérateurs, est localisé sur la commune de Saint-Bon, dans le département de la Marne (51), en région Grand-Est.

➔ Carte 1 : Localisation du site d'étude



Chapitre 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.

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

→ Carte 2 : Localisation de l'aire d'étude

Localisation de l'aire d'étude



Légende:

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Zone tampon de 500 m = Aire d'étude | Réseau inter-éolienne |
| Localisation des éoliennes | Zone d'emprise |
| Zone de survol des pales | Chemin à renforcer |
| Poste de livraison | Zone de virage temporaire |
| | Chemin à créer |

0 200 m

Fonds de plan : BD Ortho 5 m
Données : EDPR France Holding, IGN, GeoFlu
Cartographie : VERDI pour EDPR France Holding
Date : Février 2020

Partie F - Description de l'environnement de l'installation



Le site retenu pour l'implantation du « parc éolien de Saint-Bon » est situé en Région Grand-Est, dans le Département de la Marne (51) et plus précisément sur la commune de Saint-Bon.

Le tableau suivant présente les parcelles cadastrales concernées par l'implantation retenue.

Éolienne/PDL*	Coordonnées en Lambert 93		Altitude en mètre	Lieu-dit	Parcelle cadastrale	Commune
	X	Y				
E1	736229	6842633	188	La Marechaudée	000 ZE 4	Saint-Bon
E2	736191	6842994	191	La Marechaudée	000 ZE 4	Saint-Bon
E3	736246	6842224	193	Pamplaine	000 ZI 9	Saint-Bon
PDL	736293	6842243	190	Pamplaine	000 ZI 9	Saint-Bon

*PDL = poste de livraison

Chapitre 1 - Environnement humain

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).

A) Zones urbanisées

La zone d'étude n'est concernée par aucune zone d'ores et déjà urbanisée. Les habitations les plus proches sont donc distantes de plus de 500 m du projet. Les habitations les plus proches du projet se trouvent dans le Hameau « Villouette » rattaché à la commune de Saint-Bon.

Le tableau ci-après présente les distances les plus courtes entre les éoliennes et les habitations des villages et/ou hameaux du secteur. Ces distances sont figurées dans la carte ci-contre.

Éoliennes	Zones urbanisées	Distances
E2	Hameau Villouette de la commune de Saint-Bon	800 m
E3	Village de Saint-Bon	1.8 km
E3	Hameau de Chommé de la commune de Bouchy-Saint-Genest	2.4 km
E3	Hameau de La Soucière de la commune de Bouchy-Saint-Genest	1.8 km
E3	Lieu-dit Les Hauts Grès de la commune de Bouchy-Saint-Genest	2.7 km
E1	Village d'Escardes	1.9 km
E1	Lieu-dit Haut d'Escardes de la commune d'Escardes	2.3 km
E1	Lieu-dit de Champfleury de la commune de Montceaux-Les-Provins	1.6 km
E1	Commune de Courgivaux	2.5 km

Carte 3 : Localisation des distances entre le projet et les zones urbanisées



Le tableau ci-après présente les populations des différentes zones urbanisées d'après l'Insee, RP2017 (géographie au 01/01/2019), RP2012 (géographie au 01/01/2014) et RP2007 (géographie au 01/01/2009).

Code INSEE	Commune	Populations légales 2017
51473	Saint-Bon	117
51071	Bouchy-Saint-Genest	200
51233	Escardes	81
77301	Montceaux-Les-Provins	331
51185	Courgivaux	338

B) Établissements recevant du public (ERP)

D'après la Direction de l'information légale et administrative, la définition d'un établissement recevant du public (ERP) est la suivante :

« Les établissements recevant du public (ERP) sont des bâtiments dans lesquels des personnes extérieures sont admises. Peu importe que l'accès soit payant ou gratuit, libre, restreint ou sur invitation. Une entreprise non ouverte au public, mais seulement au personnel, n'est pas un ERP. Les ERP sont classés en catégories qui définissent les exigences réglementaires applicables (type d'autorisation de travaux ou règles de sécurité par exemple) en fonction des risques. »

Aucun ERP n'est identifié dans la zone d'étude du projet.

Le tableau ci-après présente les établissements recevant du public (ERP) localisés à proximité du projet. Ces établissements et les distances associées sont figurés dans la carte ci-contre.

Commune	Nom de l'ERP	Distance à l'éolienne la plus proche
Saint-Bon	Salle socio-culturelle	2.2 km (E3)
Bouchy-Saint-Genest	Chapelle	3.3 km (E3)
Courgivaux	Bâtiment communal	2.8 km (E1)

Carte 4 : Localisation des établissements recevant du public (ERP)



C) Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base (INB)

D'après le site Géorisques, la définition d'une **installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE)** est la suivante :

« Toute exploitation industrielle ou agricole susceptible de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains est une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE). »

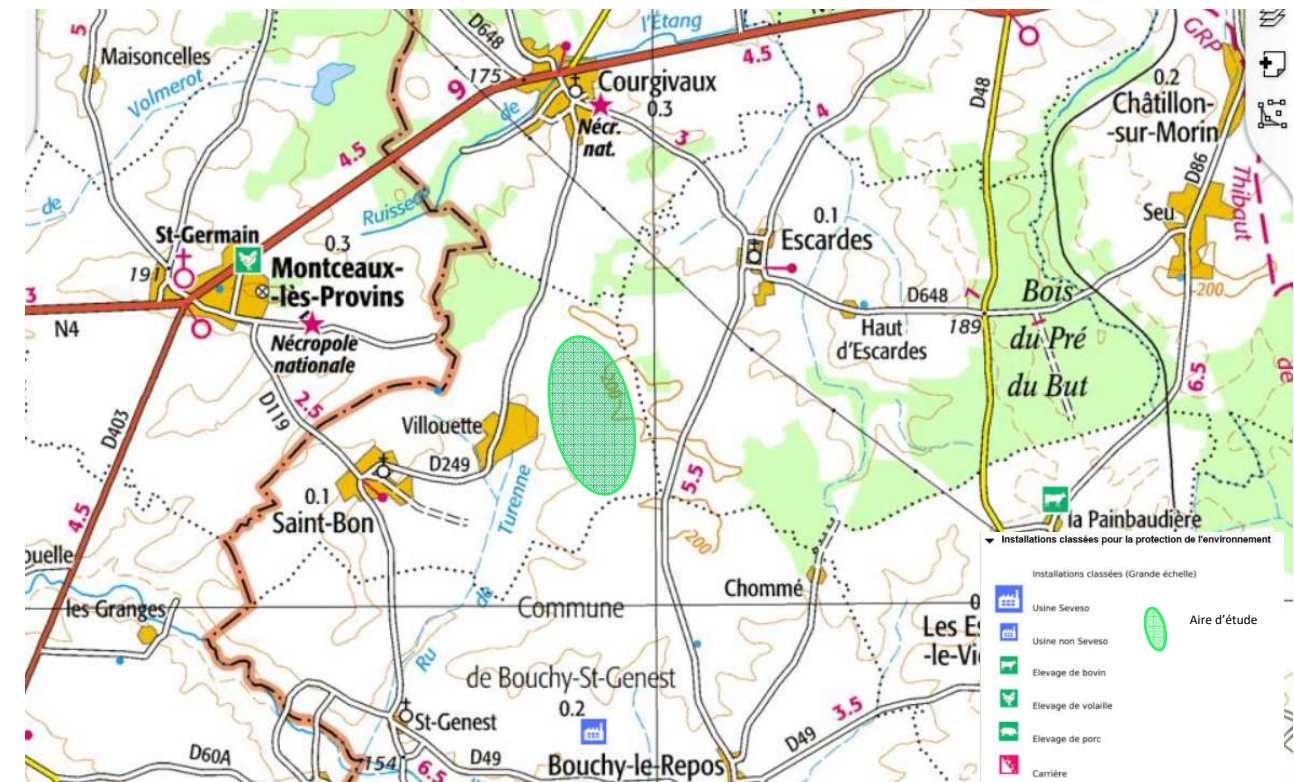
Aucune ICPE n'est identifiée dans l'aire d'étude du projet.

Le tableau ci-après présente les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) localisées à proximité du projet. Ces établissements sont figurés dans la carte ci-contre. Il est noté qu'aucun de ces établissements n'est classés SEVESO¹.

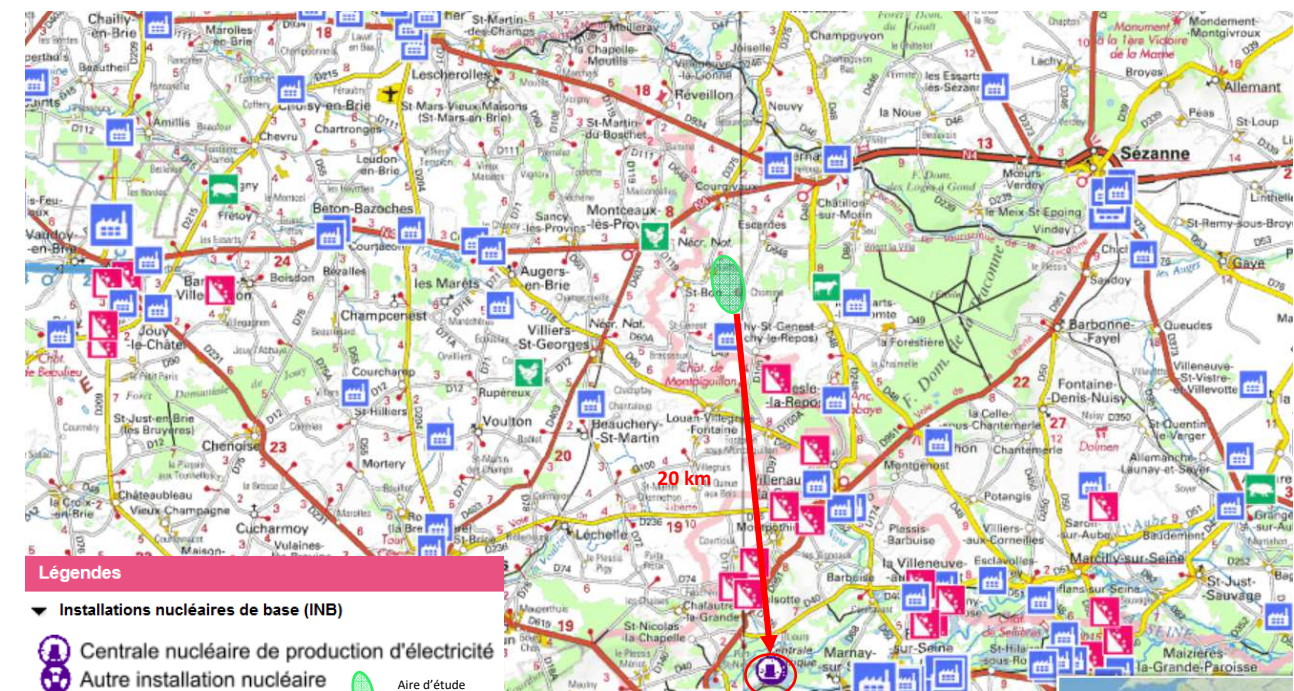
Commune	Nom de l'ICPE	Régime de classement au titre des ICPE	Distance à l'éolienne la plus proche
Montceaux-Lès-Provins	SCEA Franc'œufs Activité principale : Culture de céréales (à l'exception du riz), de légumineuses et de graines oléagineuses	Soumis à Enregistrement Non SEVESO	3.5 km (E1)
Bouchy-St-Genest	SAS Parc éolien d'Escardes Activité principale : Production d'électricité	Soumis à Autorisation Non SEVESO	2.6 km (E3)
Les Essarts le Vicomte	GAEC de la Grande contrée Activité principale : Culture de céréales (à l'exception du riz), de légumineuses et de graines oléagineuses	Soumis à Enregistrement Non SEVESO	4.4 km (E3)

Il est à noter que l'ICPE « SAS Parc éolien d'Escardes » référencée sur la commune de Bouchy-Saint-Genest présente des éoliennes au sud/sud-est de la zone d'étude. L'éolienne de cette ICPE la plus proche de l'aire d'étude est située au sud de l'éolienne E3. L'interdistance entre ces deux éoliennes est de plus de 580 m.

Concernant les installations nucléaires de base (INB), aucune INB n'est présente dans l'aire d'étude du projet. Les 2 INB les plus proches sont situées à plus de 20 km au sud du projet sur la commune de Nogent sur Seine. Il s'agit de deux réacteurs exploités par EDF. Ces installations sont figurées dans la carte ci-contre.



Carte 5 : Localisation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) Source : Géorisques



Carte 6 : Localisation des installations nucléaires de base (INB) Source : Géorisques

¹ D'après Géorisques : « Le statut SEVESO des ICPE est introduit par la directive n° 2012/18/UE du 04/07/12 dite "SEVESO 3" entrée en vigueur en France le 1er juin 2015. Cette directive, dont l'application relève de l'Inspection des installations classées, impose de nouvelles exigences aux établissements afin de prévenir et de mieux gérer les accidents majeurs impliquant des produits chimiques dangereux. »

Chapitre 2 - Environnement naturel

A) Contexte climatique

Les informations données dans ce paragraphe sont issues de l'étude d'impact environnemental du présent projet.

A.1) Le climat régional

Le département de la Marne possède un climat océanique dégradé sous influence continentale soumis à la fois aux influences climatiques maritimes et continentales, où celles-ci se contrarient. Cette situation de contact implique que l'altitude et l'exposition peuvent jouer un rôle tant au niveau des températures que des précipitations.

Les températures sont intermédiaires : environ 11°C en moyenne annuelle, entre 8 et 14 jours avec une température inférieure à -5°C. Les précipitations sont faibles : moins de 700 mm de cumul annuel, surtout en été, mais les pluies tombent en moyenne sur 12 jours en janvier et sur 8 en juillet, valeurs moyennes rapportées à l'ensemble français.

Les données concernant les températures, la pluviométrie et les vents ont été établies à partir des observations météorologiques réalisées par Infoclimat à la station météorologique située sur la commune d'Esternay, elle-même située à environ 6 km au nord-est de l'aire d'étude. Compte tenu de la topographie et des conditions météorologiques régionales, ces données étudiées sur une période de 29 ans (1981-2010) peuvent être considérées comme fiables pour juger du contexte climatique aux abords de la commune de Saint-Bon.

A.2) Températures et précipitations

Les données des températures de la station d'Esternay indiquent une forte amplitude thermique entre l'été et l'hiver. En effet, la courbe des températures moyennes fluctue entre 3,1°C en janvier et 19°C en juillet. La température annuelle de la station est de 10,8°C.

Pour la période 1981-2010, les températures minimales sont descendues jusque -16°C en janvier et les températures maximales ont atteint les 39°C en août.

Le secteur est également marqué par des périodes de gel abondant allant du mois d'octobre au mois d'avril.

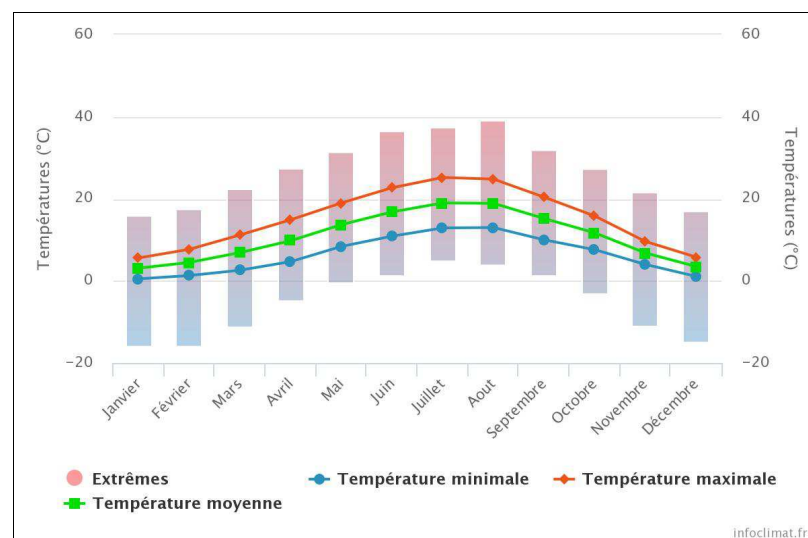


Figure 1 : Températures moyennes (1981-2010) à la station d'Esternay

Concernant les précipitations, la station d'Esternay affiche une moyenne annuelle de 689,8 mm de précipitations par an. Les précipitations sont relativement abondantes et régulières toute l'année avec toutefois des cumuls de précipitations plus importants en hiver, en moyenne 71,6 mm pour le mois de janvier, qu'en été, en moyenne 42,6 mm pour le mois d'août.

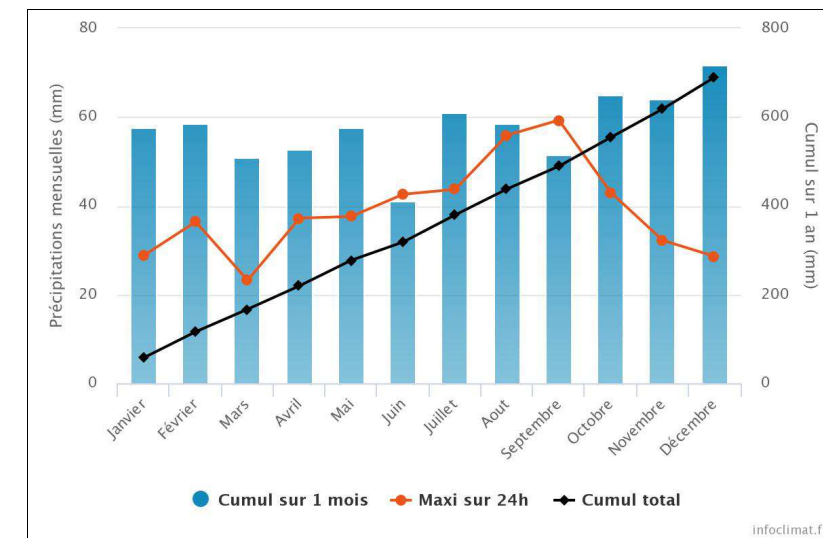


Figure 2 : Précipitations moyennes (1981-2010) à la station d'Esternay

Le diagramme ombrothermique de Gausson permet d'apprécier le rapport entre les précipitations et les températures moyennes annuelles. Les périodes de sécheresse apparaissent lorsque la courbe des températures passe au-dessus de la courbe des précipitations.

Il est à noter que dans le cas de la station d'Esternay, les mois de juin, juillet, août et septembre peuvent, suivant les années, correspondre à des périodes de sécheresse.

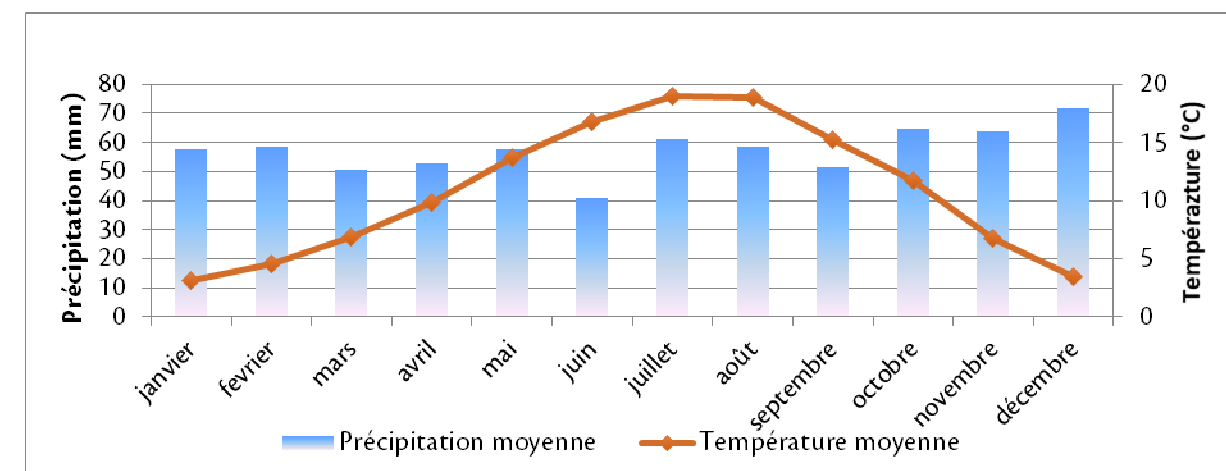


Figure 3 : Diagramme ombrothermique (1981-2010) à la station d'Esternay (Source : <https://www.infoclimat.fr/>)

A.3) Le vent

Les données de la station d'Esternay indiquent des rafales de vents maximales allant de 128,2 Km/h en décembre à 82,1 Km/h en septembre. Concernant la moyenne des vents sur le secteur de la commune de Saint-Bon, la carte présentée ci-dessous indique que les vents moyens à 50 mètres du sol sur l'aire d'étude sont compris entre 16 et 20Km/h. Ces données se situent dans la moyenne basse des vents moyens en France qui peuvent aller jusqu'à plus de 27 Km/h et descendre en dessous de 16 Km/h.

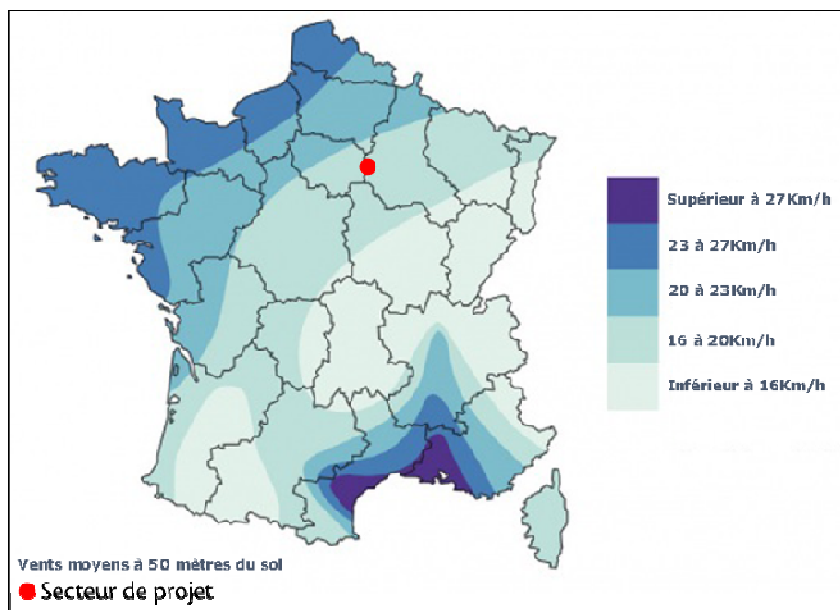
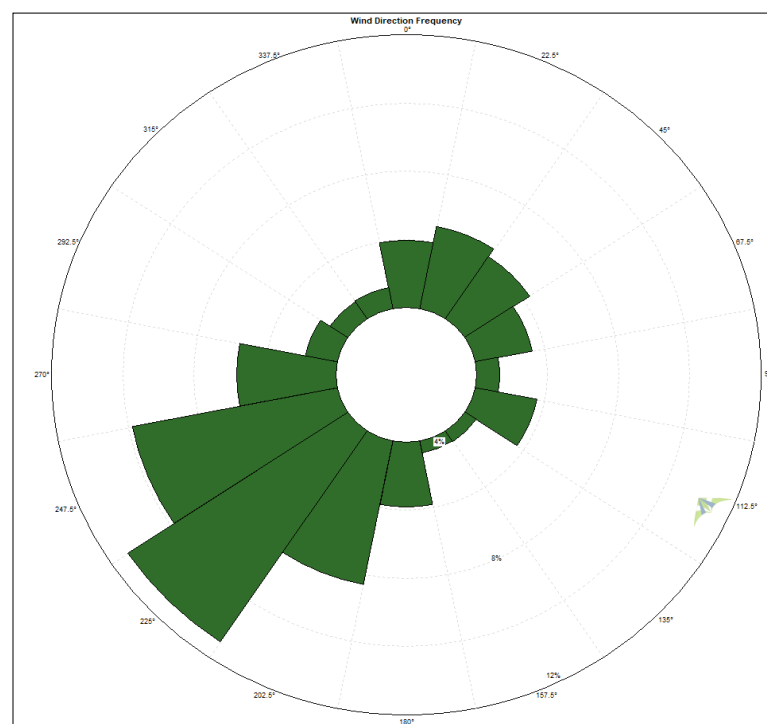


Figure 4 : Vents moyens en France à 50m du sol (Source : http://jmj41.com/meteo/climat_vent_moyen.php)

Dans le cadre de son projet de parc éolien, EDPR France Holding a mené des études sur la fréquence et l'énergie des vents au droit du projet.

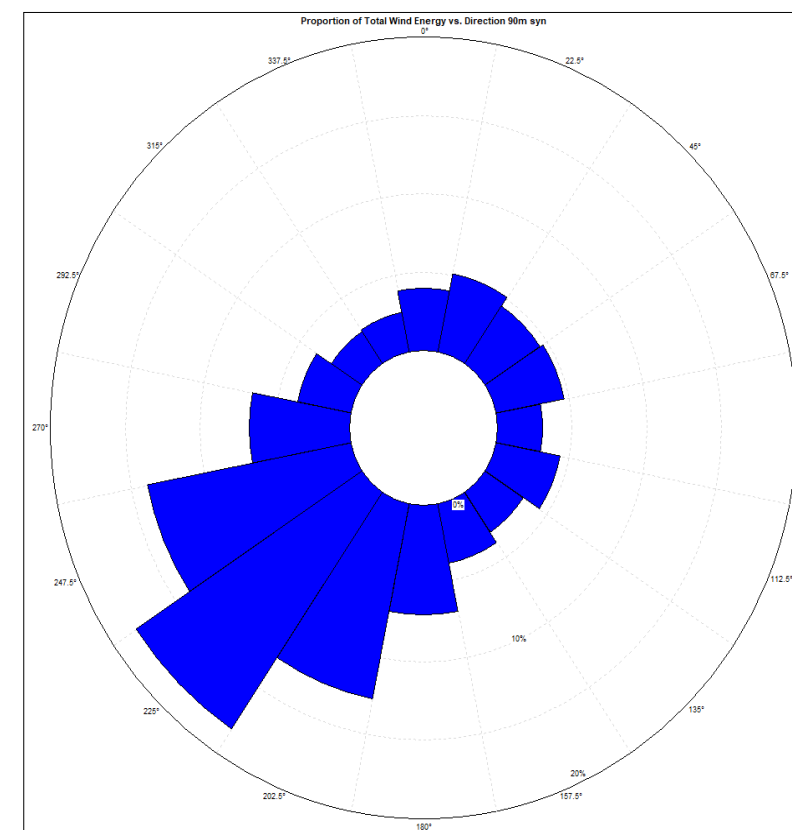
Figure 5 : Rose des fréquences des vents au droit du projet en % (Source : EDPR France Holding)



Cette rose de fréquence des vents présentée ci-dessus indique que 29,6% des vents ont une direction sud-ouest.

La rose présentant la production de l'énergie du vent en fonction de la direction indique que 44,76% de l'énergie est produite en direction du sud-ouest.

Figure 6 : Proportion de l'énergie du vent totale par rapport à la direction (Source : EDPR France Holding)



Le tableau ci-dessous mentionne les fréquences et l'énergie du vent pour 16 orientations différentes.

Tableau 7 : Fréquence et énergie du vent en fonction de la direction en % (Source : EDPR France Holding)		
Orientation	Fréquence (Dir 90 m)	Énergie (Dir 90 m)
0°	5,98 %	4,02 %
22.5°	6,47 %	5,13 %
45°	6,2 %	4,44 %
67.5°	5,65 %	4,68 %
90°	4,65 %	3,04 %
112.5°	5,77 %	4,39 %
135°	4,4 %	3,12 %
157.5°	4,36 %	3,9 %
180°	5,91 %	7,03 %
202.5°	8,31 %	12,7 %
225°	11,5 %	18,2 %
247.5°	9,88 %	13,9 %
270°	6,81 %	6,72 %
292.5°	4,92 %	3,67 %
315°	4,61 %	2,51 %
337.5°	4,64 %	2,58 %
Total	100 %	100 %

B) Risques naturels

B.1) Sismicité

D'après le dossier d'information présentant les principaux éléments de connaissance sur les séismes, réalisé par le Ministère de l'Environnement (édition de 2012), l'aire d'étude située dans le département de la Marne (51) est située dans un zonage sismique classé très faible.

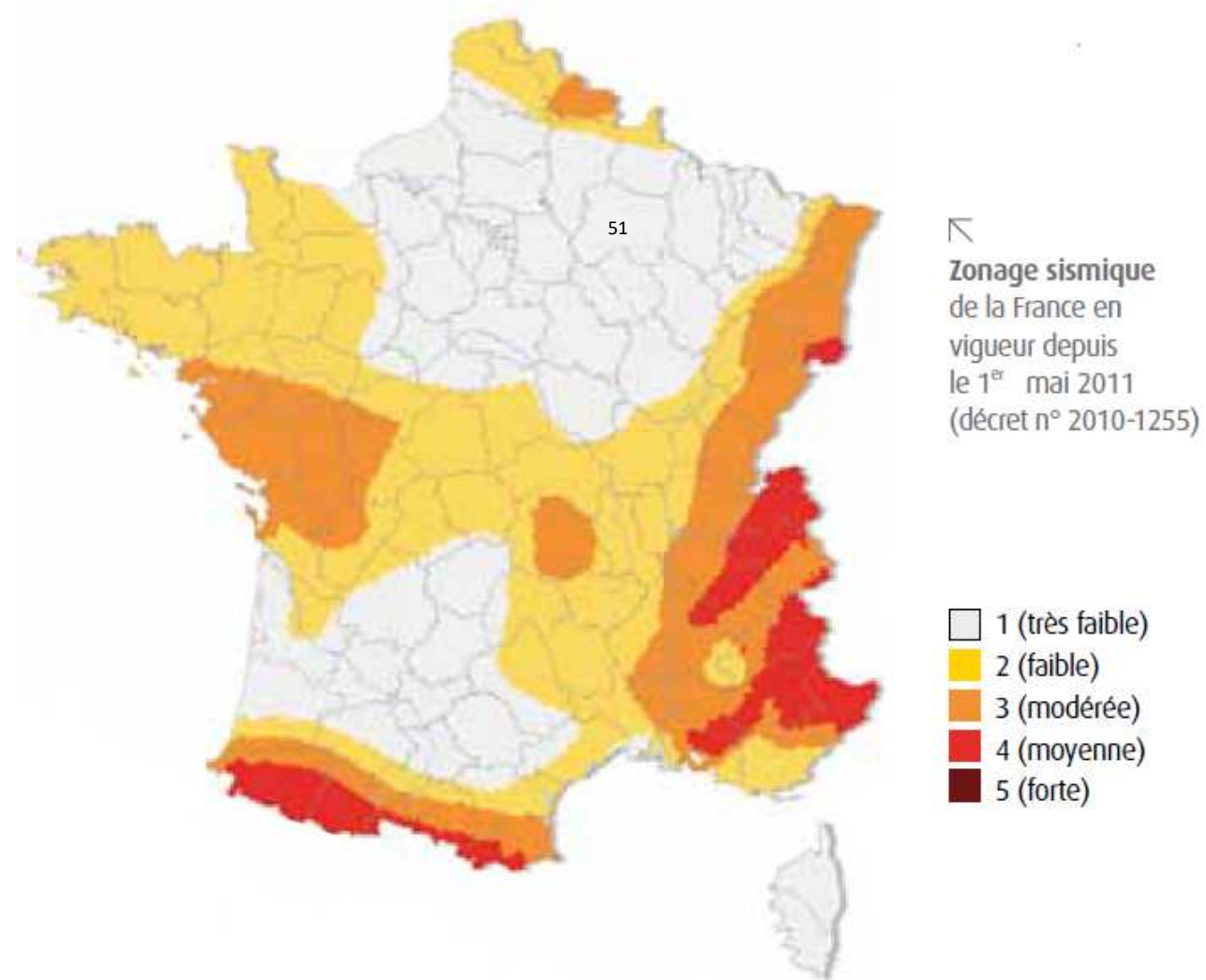
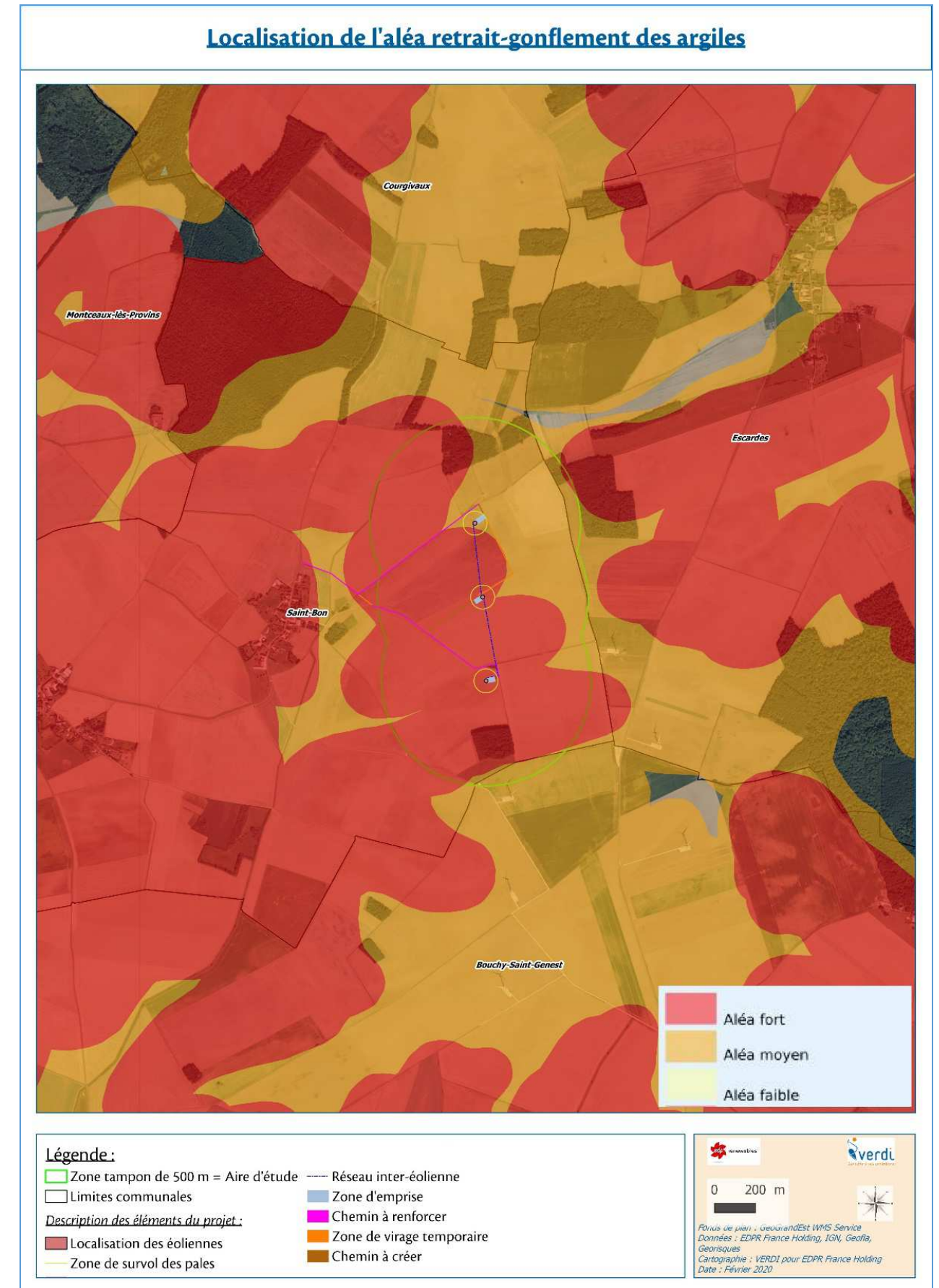


Figure 7 : Zonage sismique de la France (Source : Ministère de la Transition écologique et solidaire)

B.2) Mouvements de terrain

D'après le Ministère de la Transition écologique et solidaire l'aléa de retrait gonflement des argiles est défini tel que : « Les variations de la quantité d'eau dans certains terrains argileux produisent des gonflements (période humide) et des tassements (périodes sèches). »

Concernant cet aléa, la zone d'étude présente un aléa de retrait gonflement des argiles d'un niveau allant de moyen à fort.



Carte 7 : Localisation de l'aléa retrait gonflement des argiles (Source : Géorisques)

D'après le Ministère de la Transition écologique et solidaire **les glissements de terrains** « se produisent généralement en situation de forte saturation des sols en eau. Ils peuvent mobiliser des volumes considérables de terrain, qui se déplacent le long d'une surface de rupture. »

Cet **aléa de mouvements de terrains** est absent de la zone d'étude. La donnée la plus proche se trouve sur la commune de Les Essarts-le-Vicomte, concernée par des effondrements. Les effondrements sont localisés à 4 km au sud-est de l'aire d'étude.

Enfin, le Ministère de la Transition écologique et solidaire explique le risque d'effondrement des cavités souterraines de la façon suivante : « **Les effondrements de cavités souterraines**: l'évolution des cavités souterraines naturelles (dissolution des roches du sous-sol) ou artificielles (carrières et ouvrages souterrains) peut entraîner l'effondrement du toit de la cavité et provoquer en surface une dépression généralement de forme circulaire. »

L'aire d'étude n'est pas concernée par l'**aléa cavités souterraines**, mais les communes de Courgivaux, Escardes, Montceaux-lès-Provins et Saint-Bon présentent des cavités souterraines d'origine naturelle.



Carte 8 : Localisation de l'aléa mouvements de terrains (Source : Géorisques)



Carte 9 : Localisation de l'aléa cavités souterraines (Source : Géorisques)

B.3) Foudre

Les informations données dans ce paragraphe sont issues de l'étude d'impact environnemental du présent projet.

La zone d'étude présente des situations favorables à la création d'orage notamment en été du fait des températures qui peuvent être élevées. En effet, l'échauffement des basses couches atmosphériques au contact du sol lors des journées ensoleillées d'été favorise la création d'orage.

Le nombre de jours moyens d'orages par an entre 1999 et 2006 est de 38,75 sur le département de la Marne ce qui reste dans la moyenne française.

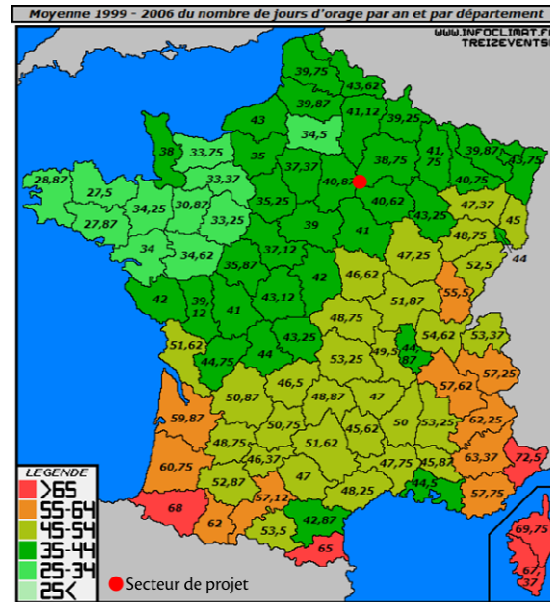


Figure 8 : Carte du nombre de jour moyen d'orage par an entre 1999 et 2006 (Source : <https://www.infoclimat.fr/>)

Les données de Météo France indiquent également que la zone d'étude est concernée par un nombre moyen d'impacts de foudre au sol par Km² compris entre 51 et 100 (entre 1997 et 2014). En moyenne depuis 2000, 453 000 éclairs de type (nuage-sol) ont été enregistrés en France. La Région Grand Est connaît une densité de foudroiement faible avec une densité moyenne de 0,90 nsg/Km²/an. En comparaison, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur possède une densité de foudroiement forte avec une densité moyenne de 2.4 nsg/Km²/an.

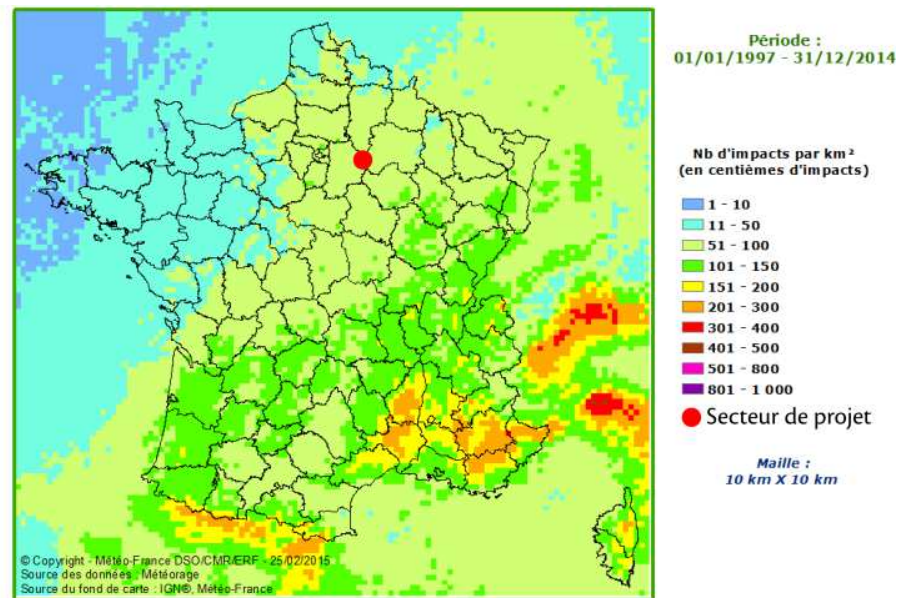


Figure 9 : Densité moyenne annuelle d'impacts de foudre au sol entre 1997 et 2014 (Source : Météo France)

B.4) Tempêtes

D'après le dossier d'information présentant les principaux éléments de connaissance sur les tempêtes, réalisé par le Ministère de l'Environnement (édition de 2013), l'aire d'étude située dans le département de la Marne est située dans un secteur n'étant pas dans les trajectoires des centres dépressionnaires liés aux dernières tempêtes françaises. La Marne est entre la trajectoire de la tempête LOTHAR et la trajectoire de la tempête MARTIN.

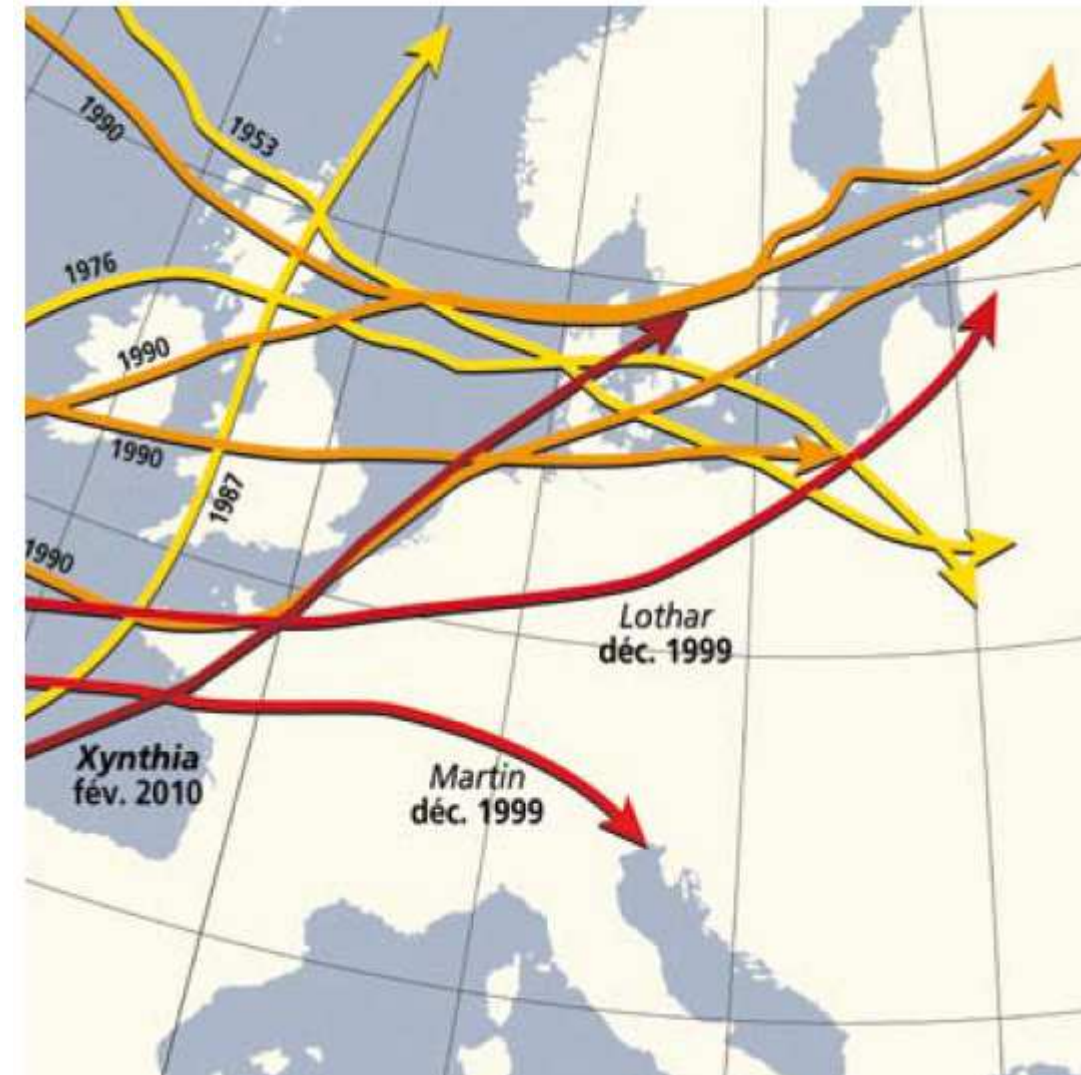


Figure 10 : Trajectoire des centres dépressionnaires liés aux dernières tempêtes (Source : Ministère de la Transition écologique et solidaire)

B.5) Incendies de forêts

D'après le Ministère de la Transition écologique et solidaire « La France est le quatrième pays européen le plus boisé avec 16,9 millions d'hectares de forêt sur son territoire métropolitain. L'importance de ses surfaces boisées la rend vulnérable au risque incendie de forêt, notamment en période estivale. Les régions du Sud-Ouest avec le massif aquitain (Nouvelle-Aquitaine) et du Sud-Est avec ses forêts méditerranéennes (Auvergne-Rhône-Alpes, Corse, Occitanie, Provence-Alpes-Côte d'Azur) sont les régions les plus exposées à ce risque. »

De plus, « en France métropolitaine, sur la période 2007-2018, on dénombre une moyenne annuelle de 4 040 feux qui ravagent 11 117 ha de forêt (source bases de données BDIFF et Prométhée). La majorité de ces feux ont lieu en zone méditerranéenne (6 698 ha, pour 4 419 en dehors de cette zone). Les conditions météorologiques (sécheresse, température et vent) ont une forte influence sur la sensibilité de la végétation au feu et sur la propagation une fois le feu déclenché. »

La carte ci-après est issue de la Base de Données sur les Incendies de Forêt en France (BDIFF). Le Département de la Marne (51), dans lequel se situe l'aire d'étude compte un nombre moyen de feux/an compris entre 0 et 10 feux.

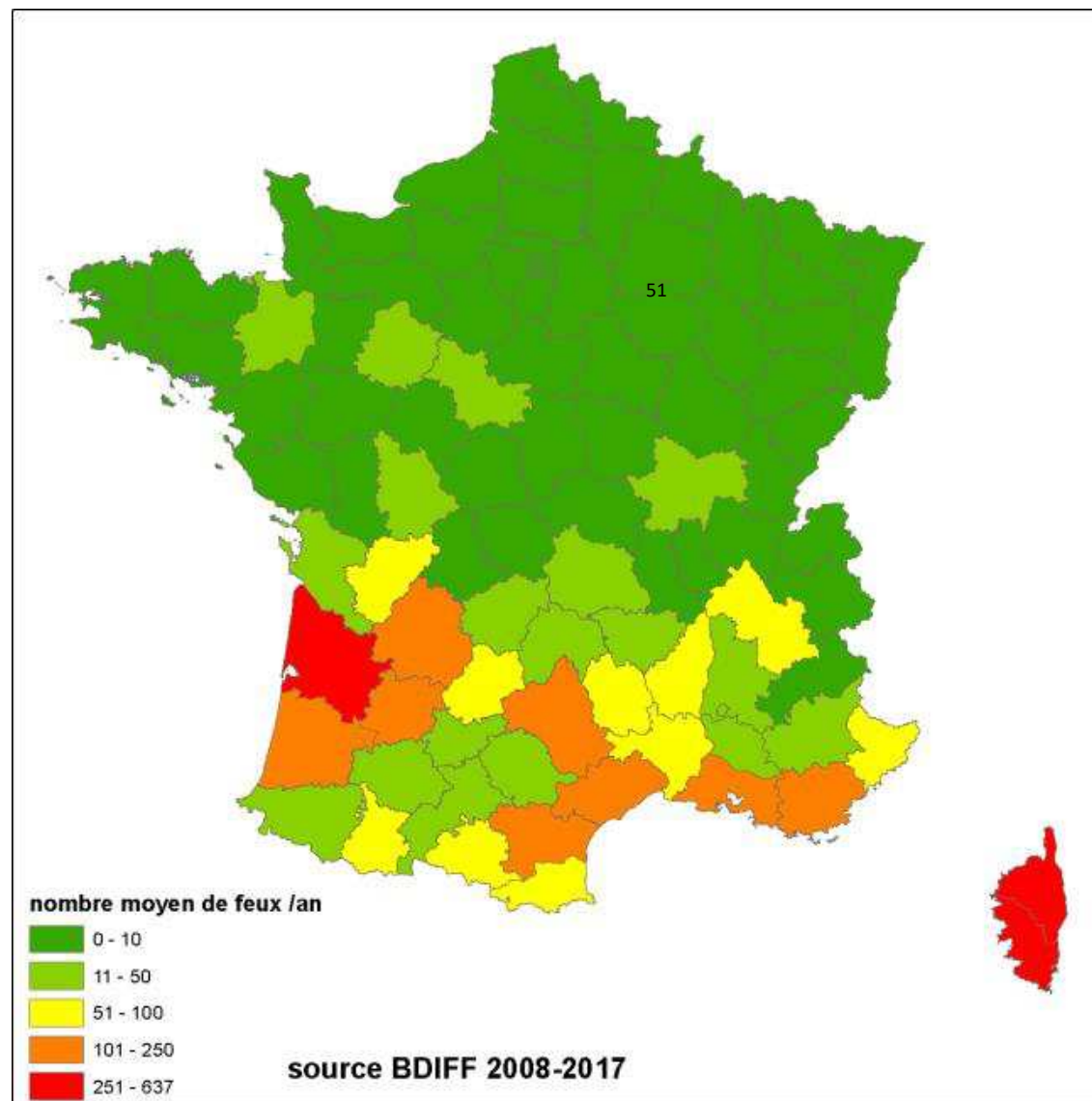
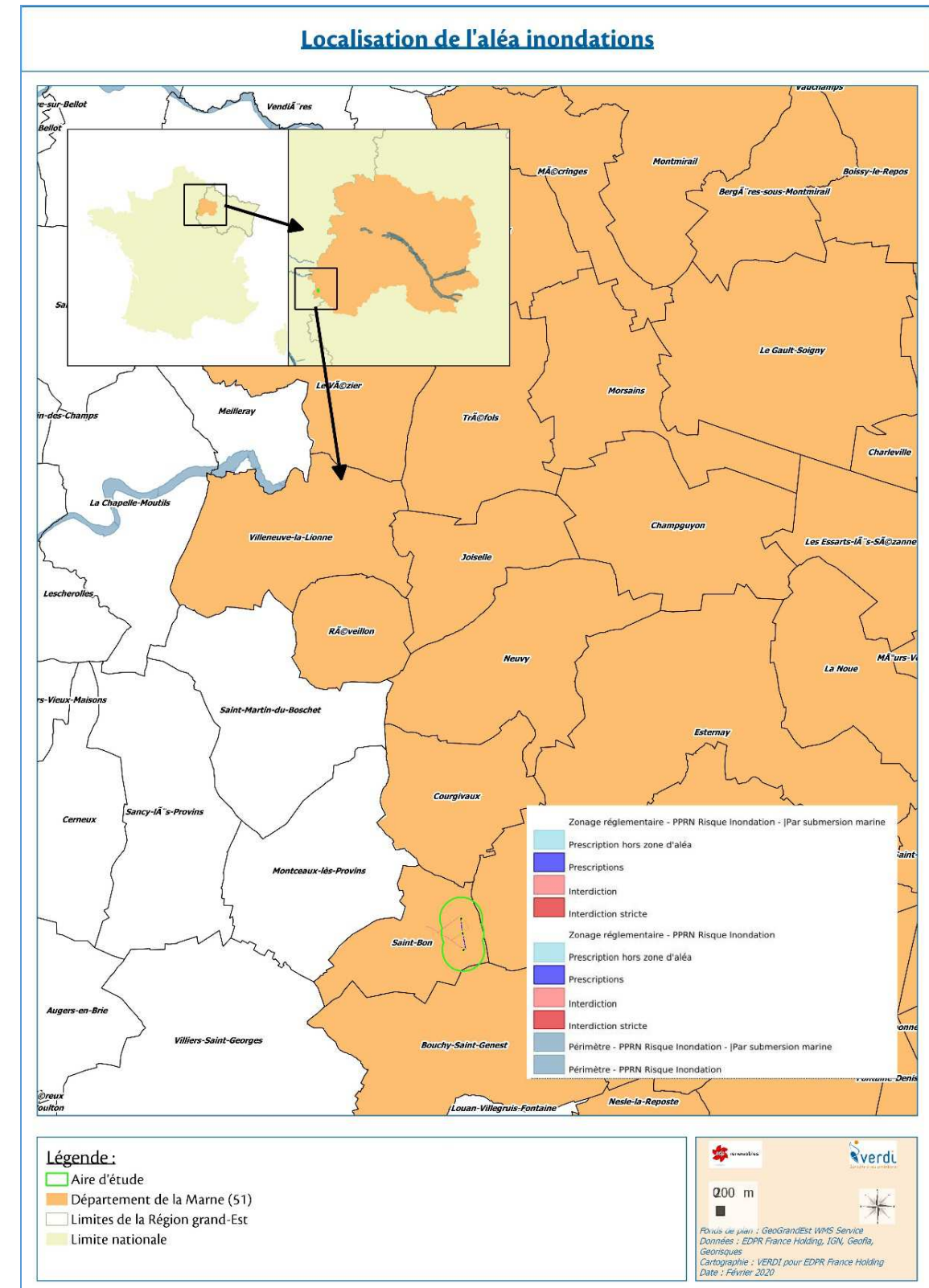


Figure 11 : Nombre moyen de feux / an (Source : BDIFF 2008-2017)

B.6) Inondations

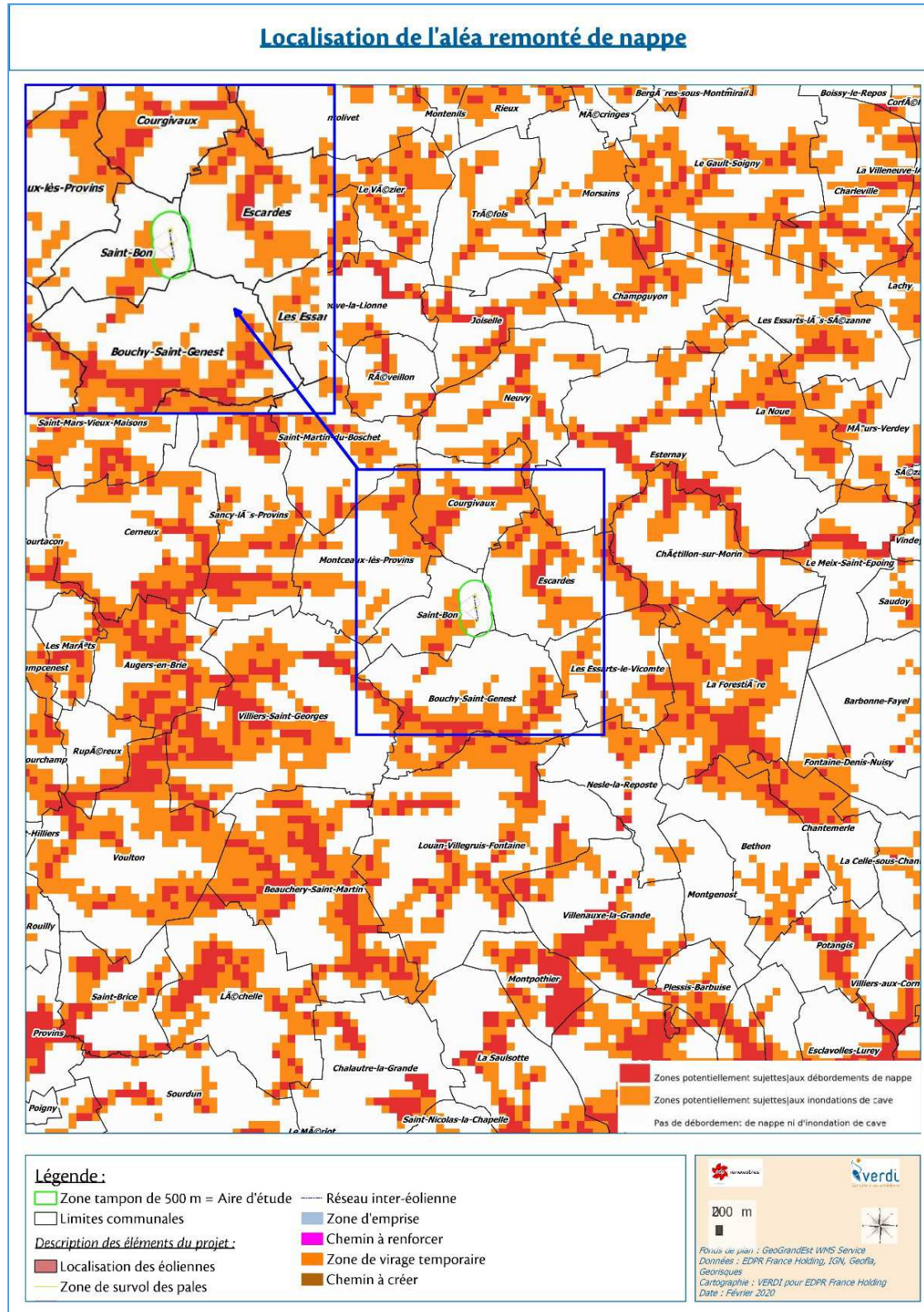
L'aire d'étude ne présente pas de cours d'eau et n'est pas dans un Périmètre de Protection du Risque Inondation (PPRI).



Carte 10 : Localisation de l'aléa inondations (Source : Géorisques)

B.7) Remontée de nappe

Concernant le risque de **remontée de nappe**, une partie de l'aire d'étude au sud-ouest est sujette au risque d'inondation des caves.



↳ Carte 11 : Localisation de l'aléa remonté de nappe (Source : Géorisques)

Chapitre 3 - Environnement matériel

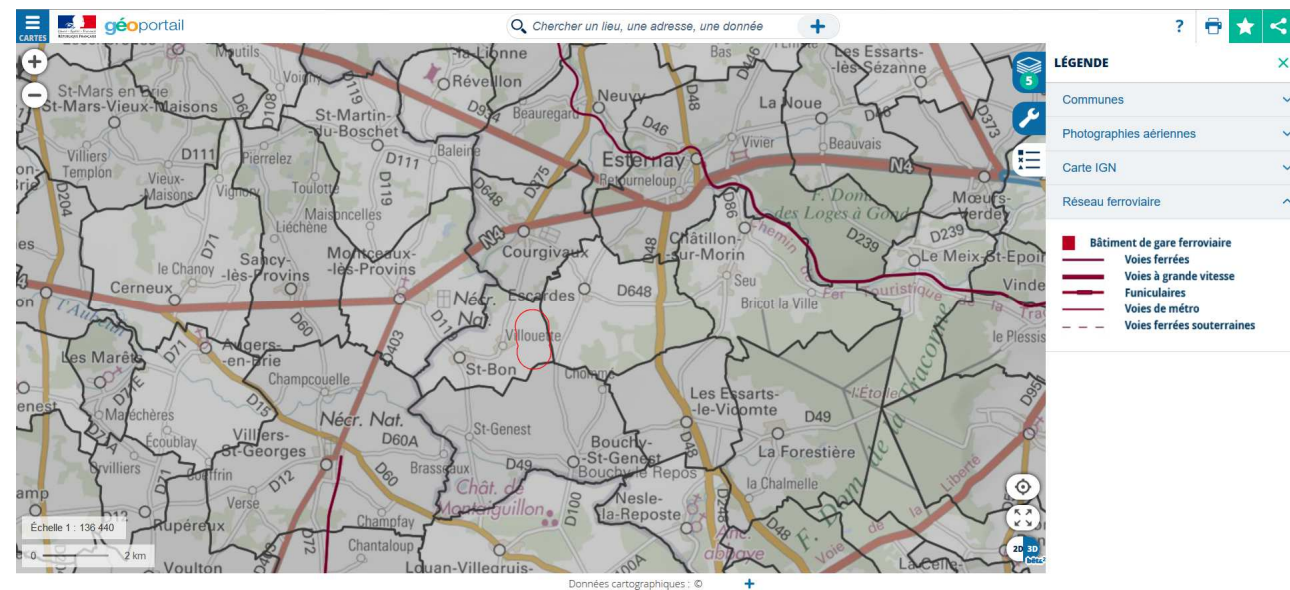
A) Voies de communication

A.1) Transport fluvial

La commune de Saint-Bon n'est pas concernée par un réseau fluvial. Les cours d'eau situés à proximité de la commune (Le Grand Morin et l'Aubertin) ne sont pas navigables. La voie navigable la plus proche est le canal de la Haute-Seine qui traverse Nogent-sur-Seine à plus de 20 Km de la commune de Saint-Bon.

A.2) Transport ferroviaire

Aucune voie ferrée ne se trouve à proximité de l'aire d'étude. La ligne de chemin de fer la plus proche se trouve à plus de 4 Km sur la commune de Villiers-Saint-Georges (Département de la Seine-et-Marne). Cette voie ferrée relie Villiers-Saint-Georges à Provins puis Longueville.



Carte 12 : Localisation des voies de communication – transport ferroviaire

A.3) Transport routier

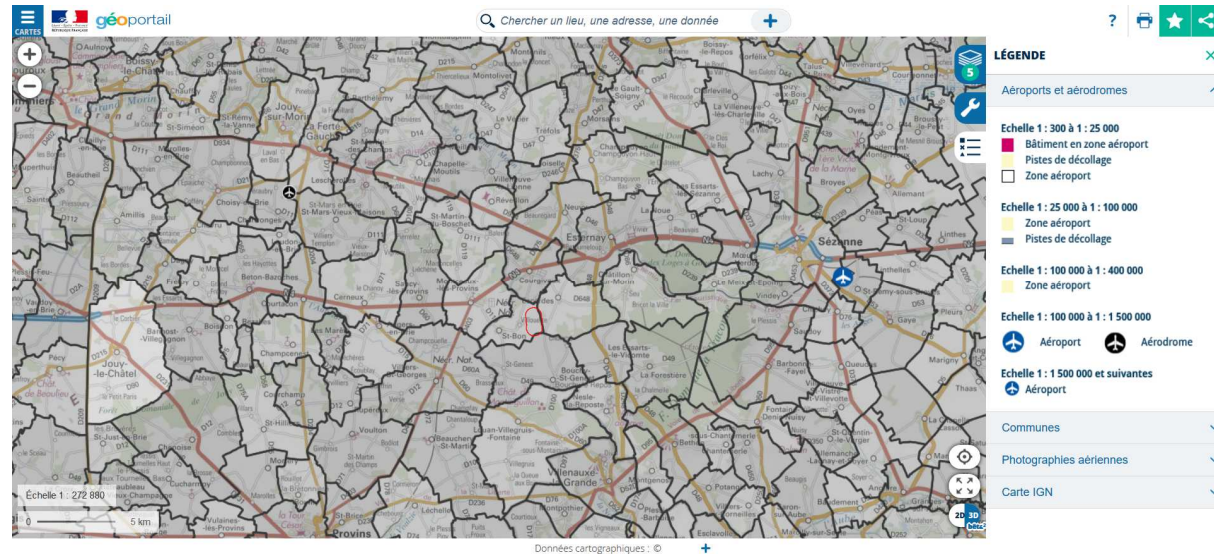
Des voies de communications pour le transport routier sont présentes dans l'aire d'étude. Il s'agit de chemins. Une route Départementale (RD249) est parallèle à l'aire d'étude sur sa partie ouest.



Carte 13 : Localisation des voies de communication – transport routier

A.4) Transport aérien

L'aire d'étude ne présente pas d'aéroport ou aérodrome. L'aéroport le plus proche, se situe sur la commune de St-Remy-sous-Broyes à plus de 19 km de l'aire d'étude. Concernant les aérodromes, le plus proche, l'aérodrome de la Ferté-Gaucher se situe sur la commune de Chartronges, à 17 km.



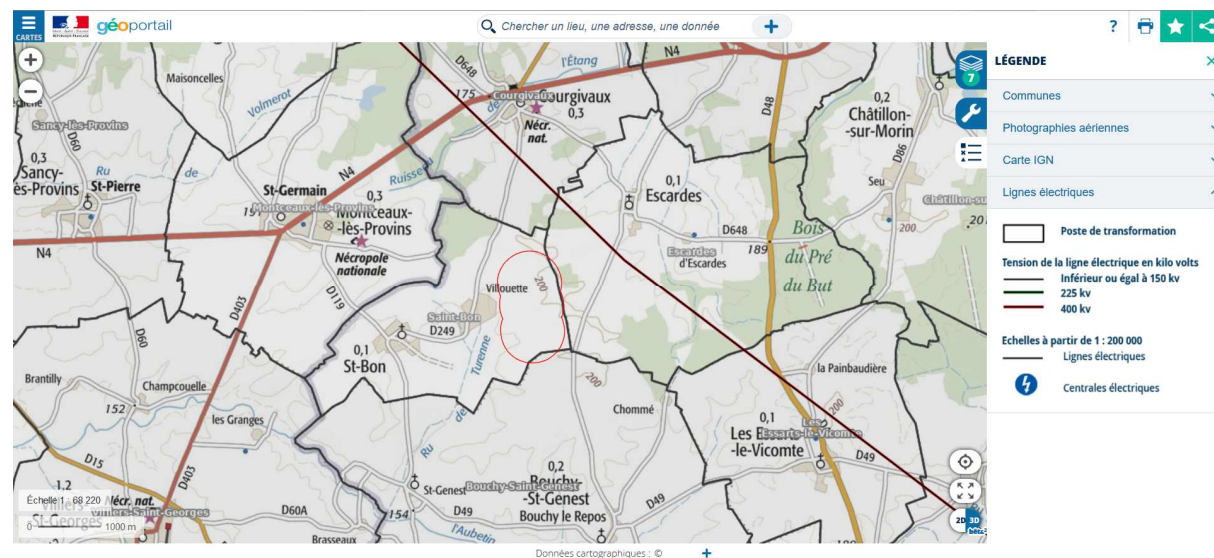
Carte 14 : Localisation des voies de communication – transport aérien

B) Réseaux publics et privés

B.1) Transport d'électricité

Les informations données dans ce paragraphe sont issues de l'étude d'impact environnemental du présent projet.

Selon RTE, aucune ligne, aérienne ou souterraine, appartenant au Réseau public de Transport d'énergie Électrique (ouvrage de tension supérieur à 50 000 Volts) n'est présent sur l'aire d'étude. Une ligne électrique de 400 kV est présente à l'est de l'aire d'étude.



Carte 15 : Localisation des transports d'électricité

B.2) Canalisation de transport

Les informations données dans ce paragraphe sont issues de l'étude d'impact environnemental du présent projet.

La société GRTgaz indique dans sa réponse à la consultation qu'une canalisation de gaz naturel haute pression se situe dans l'aire d'étude. La carte ci-dessous représente la canalisation en rouge et orange. En effet, le gazoduc traverse la commune de Saint-Bon et l'AEI du nord au sud. Une étude spécifique a été menée par GRTgaz concluant à la compatibilité de l'ouvrage avec des éoliennes V117 à une distance minimale de 182 m.



Carte 16 : Localisation du gazoduc géré par GRTgaz (Source : GRTgaz)

B.3) Réseaux d'assainissement

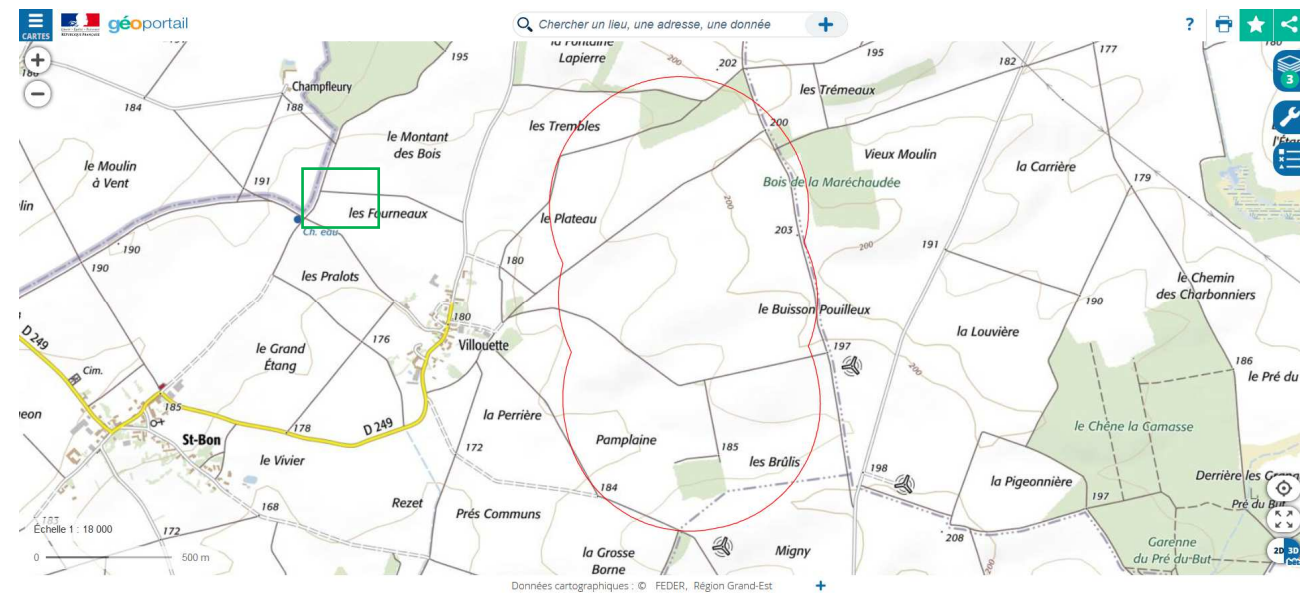
Les informations données dans ce paragraphe sont issues de l'étude d'impact environnemental du présent projet.

La commune de Saint-Bon ne possède pas de station d'épuration sur son territoire. L'assainissement y est non collectif et géré par le Service Public d'Assainissement Non Collectif de la Communauté de Communes de Sézanne Sud-ouest Marnais.

B.4) Réseaux d'alimentation en eau potable

Les informations données dans ce paragraphe sont issues de l'étude d'impact environnemental du présent projet.

Un Château d'eau est présent sur la commune de Saint-Bon entre les lieux-dits de « Le Montant des Bois » et « les fourneaux ». Le lieu de production de l'eau potable distribuée sur la commune de Saint-Bon est situé sur la commune de Provins (nom du lieu de production : TRANSPREAUVINOIS) et est géré par SUEZ. La distance entre le Château d'eau et l'aire d'étude est d'environ 995 m.



Carte 17 : Localisation du château d'eau

Chapitre 4 - Cartographie de synthèse

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

Le tableau ci-après présente le nombre de personnes permanentes ou équivalent-personnes permanentes présentes dans l'aire d'étude de 500 m autour de chaque éolienne.

La méthodologie de réalisation du tableau, est présentée en annexe (Cf. *Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne* (Source : Guide technique – Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)).

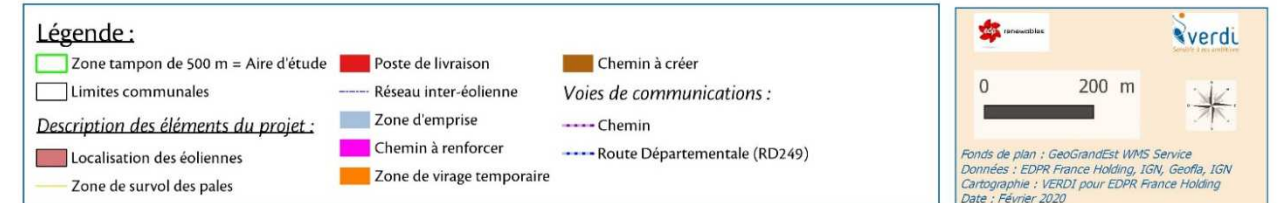
L'ensemble des voies de circulations sont non structurantes (chemins agricoles) et le reste des aires d'études sont des terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts...).

Tableau 8 : Nombre équivalent-personnes permanentes dans l'aire d'étude

Éoliennes concernée (aire d'étude de 500 m)	Secteur ou Infrastructure	Type	Nombre équivalent personnes permanentes
E1	Aire d'étude de 500 m	Terrains non bâtis	< 1 personne
E1	Routes communales	Voies de circulation non structurantes	< 1 personne
E2	Aire d'étude de 500 m	Terrains non bâtis	< 1 personne
E2	Routes communales	Voies de circulation non structurantes	< 1 personne
E3	Aire d'étude de 500 m	Terrains non bâtis	< 1 personne
E3	Routes communales	Voies de circulation non structurantes	< 1 personne

Carte 18 : Infrastructures concernées par le nombre équivalent personnes – Carte de synthèse

Infrastructures concernées par le nombre équivalent personnes - Carte de synthèse



Partie G - Description de l'installation



Chapitre 1 - Caractéristiques de l'installation

A) Caractéristiques générales d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe Erreur! Source du renvoi introuvable.):

- 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.

A.1) Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

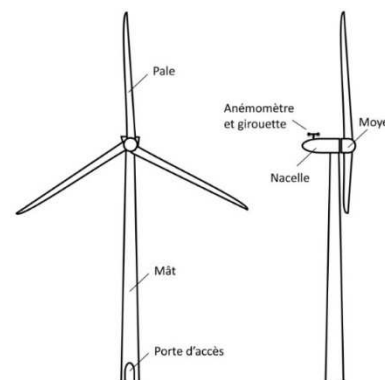


Figure 12 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (Source : Guide de l'étude de dangers)

Dans le cadre du « projet éolien de Saint-Bon » le modèle d'éolienne retenu est la VESTAS V117 3.45 MW, dont les caractéristiques techniques sont présentées ci-après :

Tableau 9 : Caractéristiques de l'éolienne Vestas V117 3.45 MW (Source : Constructeur VESTAS)	
Hauteur de moyeu	91.5 m
Hauteur totale de l'éolienne en bout de pale	150.0 m
Diamètre de rotor	117 m
Rayon du rotor	58.5 m
Largeur du mât	4 m
Largeur de base de la pale	4 m
Longueur d'une pale	57.2 m

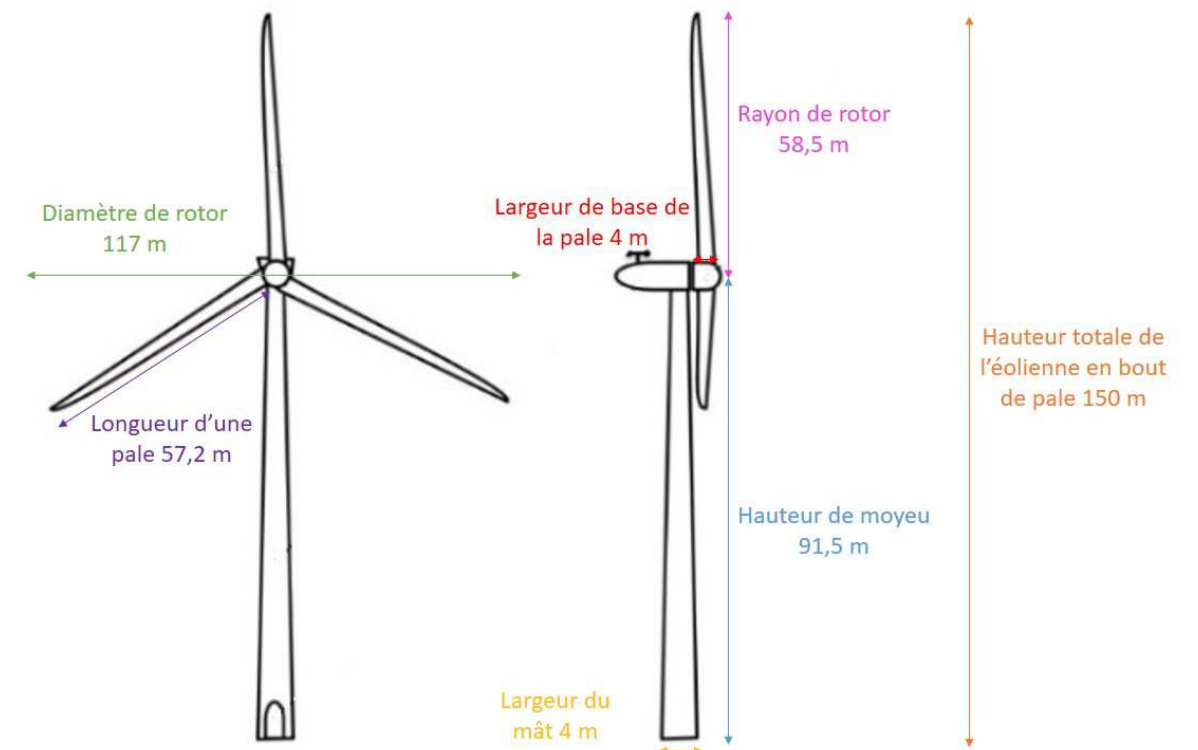


Figure 13 : Schéma présentant les caractéristiques du modèle VESTAS V117 3.45 MW (Source : Guide de l'étude de dangers, adapté par VERDI)

A.2) Éléments constitutifs du poste de livraison

Les éoliennes seront reliées à un poste de livraison (interface entre l'installation et le réseau public de distribution de l'électricité). Le poste de livraison et le local technique reposent sur une plateforme commune de 225 m².

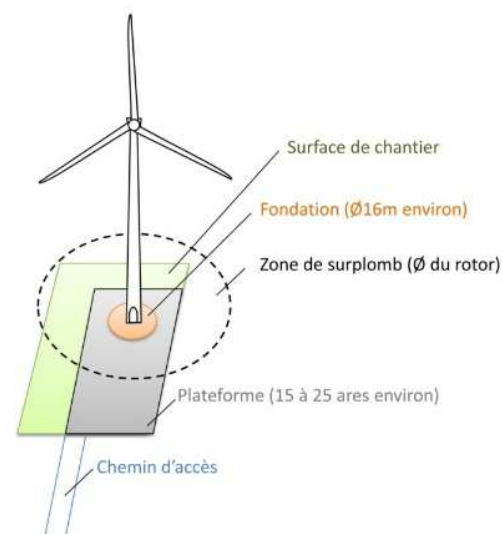
Dans le cadre du « projet éolien de Saint-Bon », les câbles électriques permettant de relier les éoliennes et le poste de livraison électrique seront enterrés.

A.3) Emprise au sol

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

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

Figure 14 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne (Source : Guide de l'étude de dangers)



Nota Bene : Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale.

A.4) Chemins d'accès

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de 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 permettant de construire le parc éolien.

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).

➤ **Carte 19 : Chemins d'accès**

(Voir carte ci-contre)

B) Activité de l'installation

L'activité principale du « parc éolien de Saint-Bon » est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur totale en bout de pale de 150 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

Localisation des chemins d'accès



Légende:

 Zone tampon de 500 m = Aire d'étude	 Poste de livraison	 Chemin à créer
 Limites communales	 Réseau inter-éolien	 Voies de communications :
Description des éléments du projet :		
 Localisation des éoliennes	 Zone d'emprise	 Chemin
 Zone de survol des pales	 Chemin à renforcer	 Route Départementale (RD249)
	 Zone de virage temporaire	

0 200 m

Fonds de plan : GeoGrandEst WMS Service
Données : EDPR France Holding, IGN, Geofis, IGN
Cartographie : VERDI pour EDPR France Holding
Date : Février 2020

C) Composition de l'installation

Le parc éolien de « Saint-Bon » est composé de 3 aérogénérateurs et d'un poste de livraison.

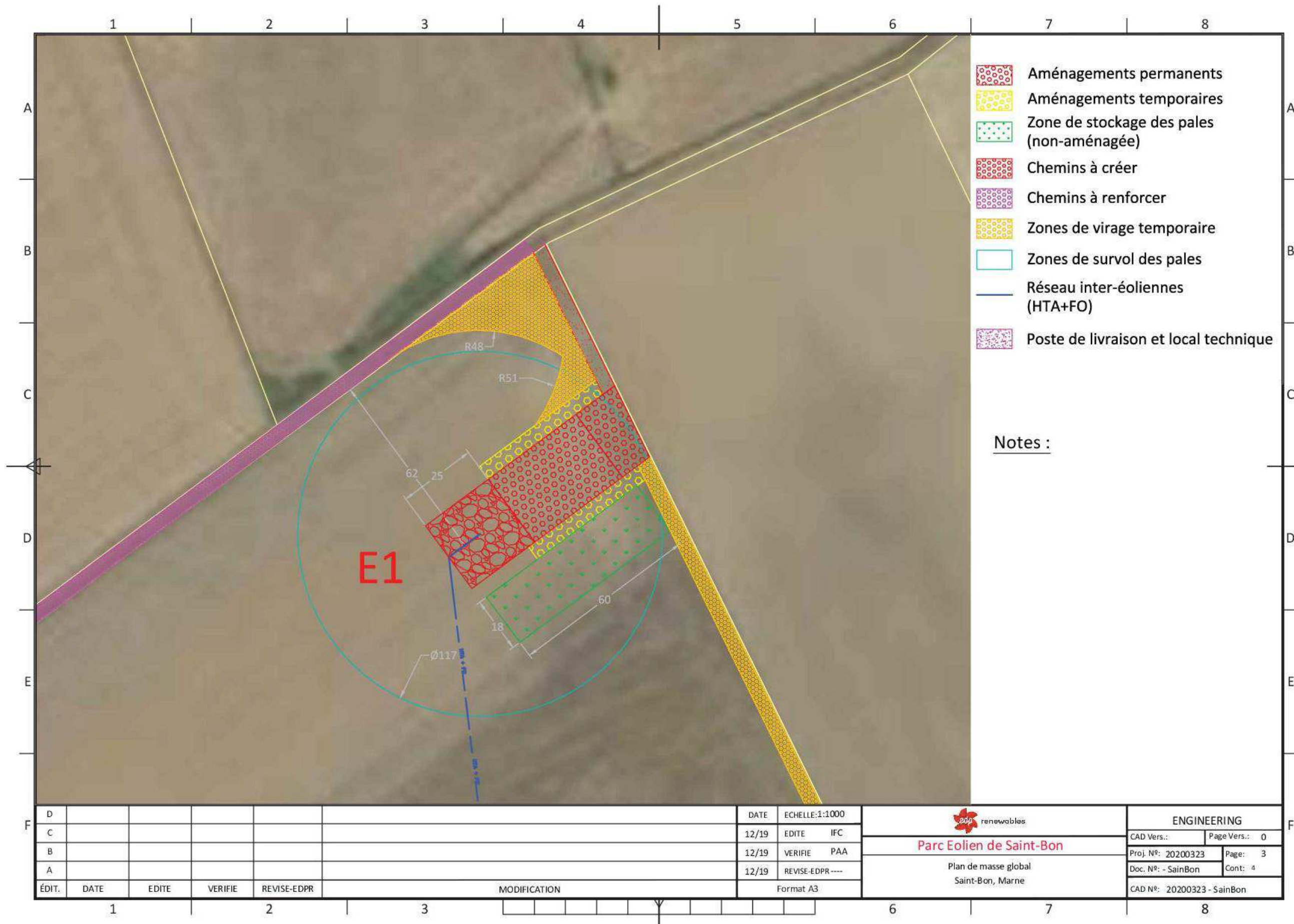
Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 91.5 mètres et un diamètre de rotor de 117 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 150 mètres.

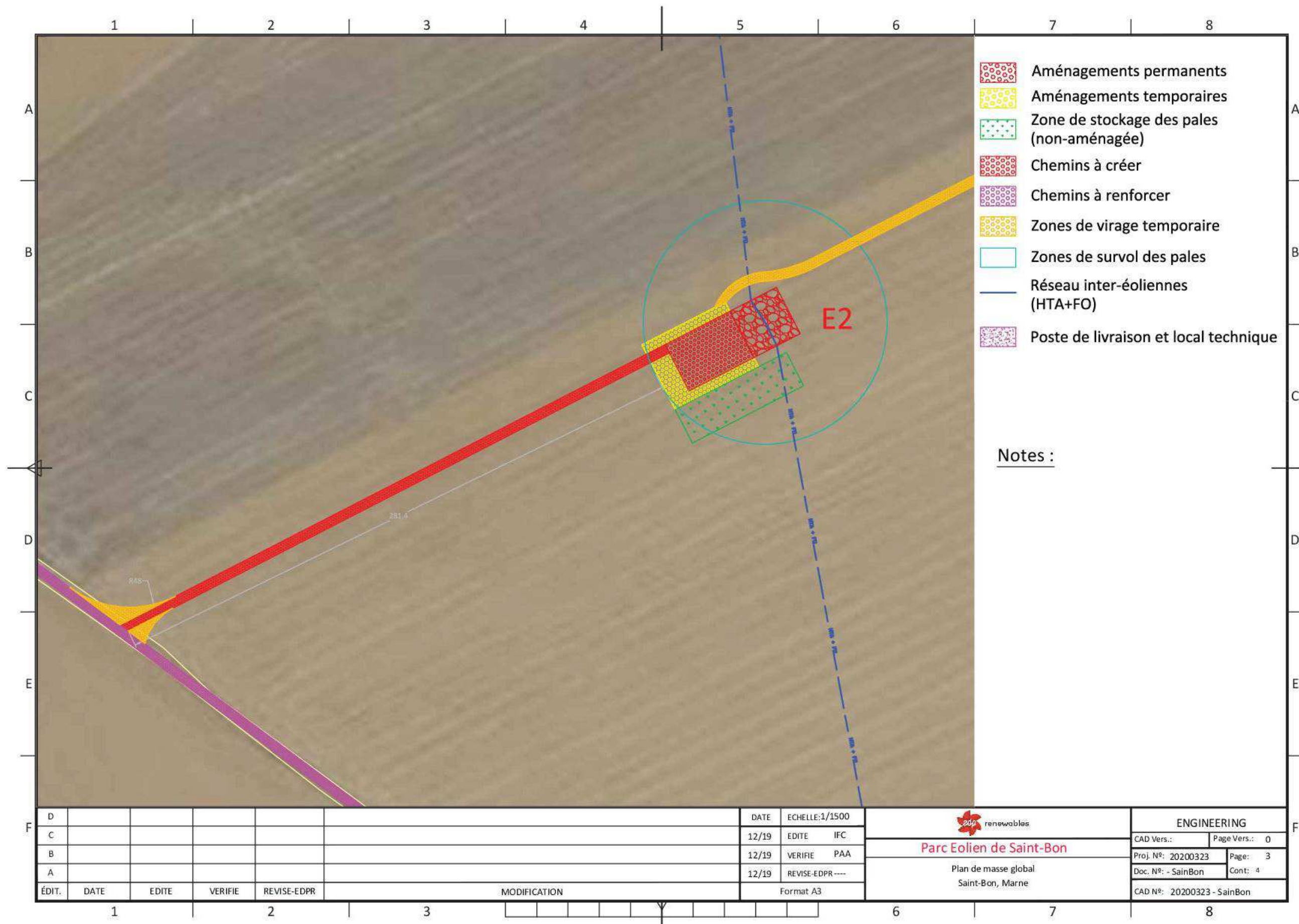
Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs.

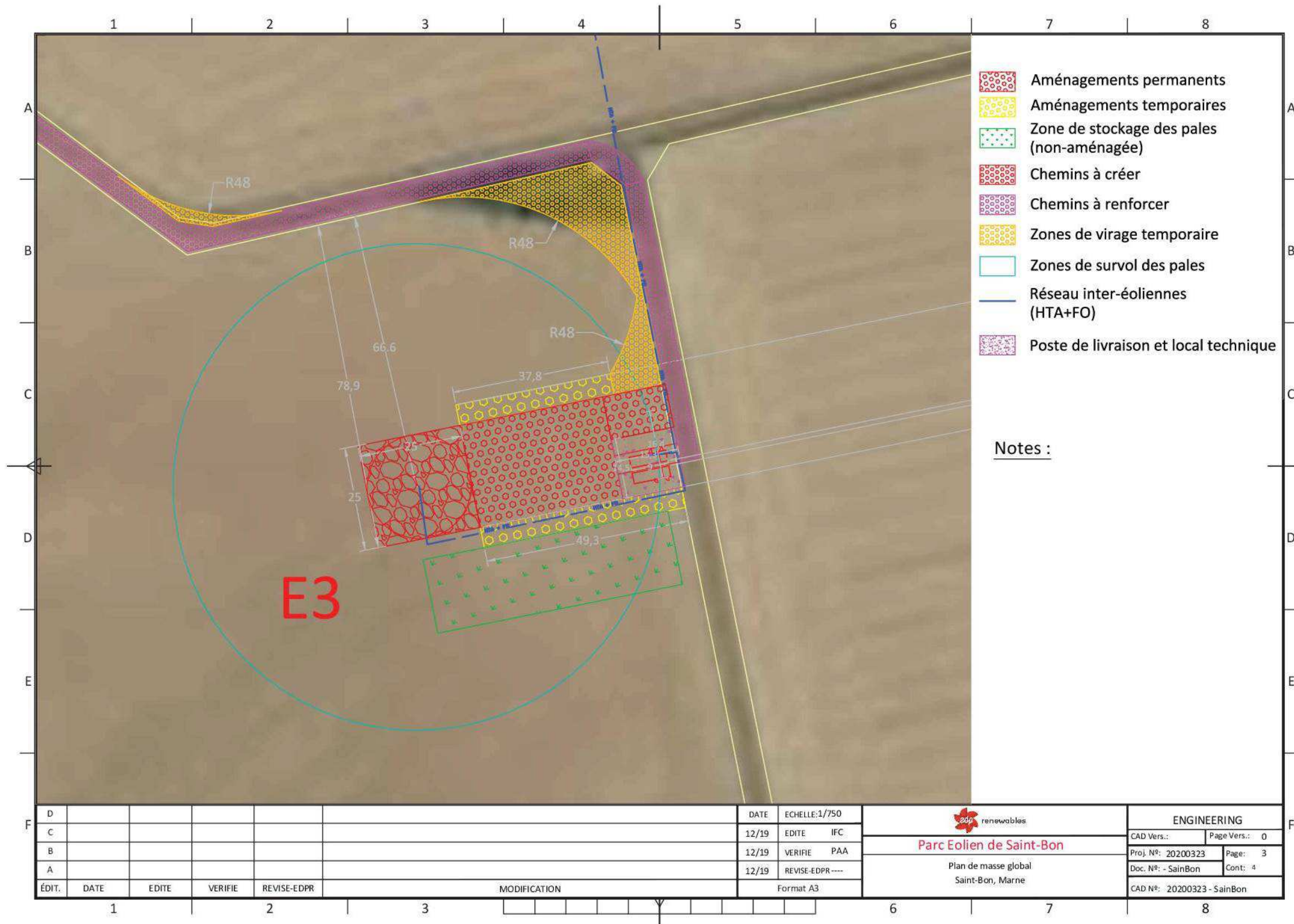
Tableau 10 : Coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison			
Numéro de l'éolienne	Longitude (X)	Latitude (Y)	Altitude en mètres NGF
E1	736229	6842633	188
E2	736191	6842994	191
E3	736246	6842224	193

Sont présentés dans les pages suivantes, un plan détaillé de l'installation présentant l'emplacement des aérogénérateurs, du poste de livraison, des plateformes, des chemins d'accès et des câbles électriques enterrés, ainsi que trois plans par aérogénérateurs.

⇒ *Carte 20 : Plans détaillés de l'installation (Source : EDPR France Holding)
(Voir pages ci-après)*







D						DATE	ECHELLE:1/750	 Parc Eolien de Saint-Bon Plan de masse global Saint-Bon, Marne	ENGINEERING	
C						12/19	EDITE IFC		CAD Vers.:	Page Vers.: 0
B						12/19	VERIFIE PAA		Proj. N°: 20200323	Page: 3
A						12/19	REVISE-EDPR----		Doc. N°: - SainBon	Cont: 4
ÉDIT.	DATE	EDITE	VERIFIE	REVISE-EDPR	MODIFICATION		Format A3	CAD N°: 20200323 - SainBon		

Chapitre 2 - Fonctionnement de l'installation

A) Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

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

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

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

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

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

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

Le tableau suivant présente le découpage fonctionnel de l'installation.

Tableau 11 : Description des différents éléments constitutifs de l'installation		
Éléments de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	De forme circulaire Dimension de 20 à 25 m de large à leur base et se resserrent jusqu'à environ 5 m de diamètre Base des fondations située entre 3 et 5 mètre de profondeur
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Diamètre de la base de la tour : 4 m Hauteur de moyeu : 91.5 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	Générateur asynchrone à courant biphasé Système de réglage indépendant de chaque pale : 3 unités indépendantes avec système d'alimentation électrique de secours
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Nombre de pales : 3 Diamètre du rotor : 117 m Vitesse du rotor : de 5 à 15 tours/min
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Transformateur intégré au mât de l'éolienne
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Surface de 225 m ²

B) Sécurité de l'installation

L'objectif de ce paragraphe est de montrer que l'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité. Le porteur de projet justifiera en particulier que son installation est conforme 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. La description des différents systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la Partie J - Chapitre 6 - Mise en place des mesures de sécurité.

B.1) Mesures de sécurité

L'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité.

B.1.a) Système de fermeture de la porte

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

De plus, un détecteur avertit les personnels d'exploitation et de maintenance en cas d'ouverture d'une porte d'accès à une éolienne sur les modèles VESTAS. Ce dispositif pourra être mis en place en fonction du type de machine retenu par le porteur de projet.

B.1.b) Balisage des éoliennes

Le balisage des éoliennes est défini par l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne. Les éoliennes retenues sont conformes à cet arrêté et sont dotées d'un balisage lumineux d'obstacle au niveau de la nacelle.

Dans le cas d'une éolienne de hauteur totale supérieure à 150 m, le balisage par feux d'obstacles de moyenne intensité est complété par des feux d'obstacles basse intensité de type B (rouges fixes 32 cd) installés sur le mât. Ces feux de balisage intermédiaire sur le mât ne sont donc pas requis pour le « projet éolien de Saint-Bon » (hauteur maximale des éoliennes en bout de pale de 150 m).

Les feux de balisage d'obstacles font l'objet d'un certificat de conformité type, délivré par le service technique de l'aviation civile de la direction générale de l'aviation civile (STAC), en fonction des spécifications techniques correspondantes.

L'alimentation électrique, desservant le balisage lumineux, est secourue par l'intermédiaire d'un dispositif automatique et commute dans un temps n'excédant pas 15 secondes. La source d'énergie assurant l'alimentation de secours des installations de balisage lumineux possède une autonomie au moins égale à 12 heures.

Le balisage est surveillé par l'exploitant et celui-ci signale dans les plus brefs délais toute défaillance ou interruption du balisage à l'autorité de l'aviation civile territorialement compétente.

Une synchronisation sera mise en place avec l'actuel parc d'Escardes déjà en exploitation.

(i) Balisage lumineux de jour

Chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de jour assuré par des feux d'obstacle de moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 candelas [cd]). Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et disposés de manière à assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).

(ii) Balisage lumineux de nuit

Chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de nuit assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 cd). Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et disposés de manière à assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).

Le passage du balisage lumineux de jour au balisage de nuit est assuré par un détecteur crépusculaire. Le jour est caractérisé par une luminance de fond supérieure à 500 cd/m², le crépuscule est caractérisé par une luminance de fond comprise entre 50 cd/m² et 500 cd/m², et la nuit est caractérisée par une luminance de fond inférieure à 50 cd/m². Le balisage actif lors du crépuscule est le balisage de jour, le balisage de nuit est activé lorsque la luminance de fond est inférieure à 50 cd/m².

B.1.c) Balisage en phase chantier

Lors de la période de travaux, la présence du chantier et d'éoliennes en cours de levage est communiquée aux différents usagers de l'espace aérien par la voie de l'information aéronautique. A cette fin, l'exploitant des éoliennes, après coordination avec le responsable du chantier, fournit les informations nécessaires aux autorités de l'aviation civile et de la défense territorialement compétentes au moins 7 jours avant le début du chantier.

Un balisage temporaire constitué de feux d'obstacles basse intensité de type E (rouges, à éclats, 32 cd) est mis en œuvre dès que la nacelle de l'éolienne est érigée. Ces feux d'obstacle sont opérationnels de jour comme de nuit. Ils sont installés sur le sommet de la nacelle et sont visibles dans tous les azimuts (360°). Le balisage définitif prescrit dans l'arrêté du 23 avril 2018 est effectif dès que l'éolienne est mise sous tension. Le balisage définitif peut également être utilisé en lieu et place du balisage temporaire décrit ci-dessus.

B.1.d) Protection contre le risque incendie

(i) Système de détection et d'alarme

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

Un système d'alarme est couplé avec un système de détection qui informe l'exploitant à tout moment d'un départ de feu dans une éolienne, via le système SCADA². La détection se fait selon deux zones indépendantes, la base du mât et la nacelle. Le départ d'un feu entraîne l'arrêt d'urgence de l'éolienne, sa mise en sécurité, l'arrêt des ventilations et déclenche une alarme sonore et lumineuse dans l'éolienne.

Les détecteurs de fumée et/ou les capteurs de température émettent des signaux qui sont immédiatement transmis par le système de surveillance à distance SCADA qui alerte alors l'exploitant, par un message SMS et/ou email, qui prévient alors les pompiers. Ces derniers décident sur place des actions à entreprendre. Les centres de service de suivi d'exploitation sont ouverts 24h/24, 7j/7 et par conséquent joignables à tout moment.

² Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA), il s'agit d'un système de contrôle et d'acquisition de données en temps réel

(ii) Système de lutte contre l'incendie

Les éoliennes envisagées disposent de plusieurs extincteurs manuels portatifs à CO₂ localisés dans la nacelle et le mât. Ils sont positionnés de façon bien visible et facilement accessible. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Ils font l'objet d'un contrôle régulier par un organisme agréé. Par ailleurs lors des interventions, les techniciens emmènent également un extincteur dans leur véhicule de service.

(iii) Procédure d'urgence en cas d'incendie

L'exploitant est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant la détection de l'incendie. Il doit être capable également de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai de 60 minutes.

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

B.1.e) Protection contre le risque foudre

La fonction principale du système de protection contre la foudre (Lightning Protection System - LPS) est de protéger les vies et les biens contre les effets destructeurs de la foudre. Tous les éléments du système sont conçus de manière à résister à l'impact de la foudre, et à ce que le courant de foudre puisse être conduit en toute sécurité aux points de mise à la terre sans dommage et sans perturbation des systèmes.

Les éoliennes retenues seront équipées d'un système de protection contre la foudre afin de minimiser les dommages sur les composants mécaniques, les systèmes électriques et les systèmes de contrôle. Le système de protection contre la foudre est basé sur des solutions de protection interne et externe.

Le système de protection externe est conçu pour gérer un coup de foudre direct sur l'éolienne et pour conduire le courant de foudre à la terre au bas de l'éolienne.

La protection interne est conçue pour minimiser les dégâts et les interférences sur les équipements électriques et les composants électroniques à l'intérieur de l'éolienne grâce à une ligne équipotentielle, à une protection contre les surtensions et les perturbations électromagnétiques.

Le système de protection contre la foudre a été conçu pour atteindre un niveau de protection I selon la norme IEC 61400-24. Le Maître d'Ouvrage tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des éoliennes à la norme précitée.

B.1.f) Protection contre la survitesse

Chaque éolienne est dotée d'un dispositif de freinage pour diminuer les contraintes mécaniques qui s'exercent sur cette dernière lorsque le vent augmente. Ce dispositif arrête tout fonctionnement de l'éolienne en cas de tempête par exemple. Cela s'effectue par une rotation des pales limitant la prise au vent puis par des freins moteurs.

En cas de défaillance, un système d'alarme est couplé avec un système de détection de survitesse qui informe l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. Ce dernier est 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. Il doit être capable également de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai de 60 minutes.

B.1.g) Protection contre l'échauffement

Tous les principaux composants sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne.

En cas de dépassement de seuils (seuils différents en fonction du type d'aérogénérateur, du type de composant et prédéfinis), des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif), voire un arrêt de la machine. Tout phénomène anormal est ainsi répertorié, tracé via le système SCADA du parc, et donne lieu à des analyses et si nécessaire interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés.

La procédure de coupure sera lancée si la vitesse du vent est supérieure à la vitesse du vent de coupure, en valeur moyennée sur 10 min. Cependant, pour faire face aux rafales, l'éolienne lancera également la procédure de coupure si la vitesse du vent dépasse certains seuils prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne en valeur moyennée sur 3 secondes. La procédure d'arrêt fera pivoter les pales en position drapeau et arrêtera l'éolienne en toute sécurité.

B.1.h) Protection contre la glace

Durant les mois d'hiver et au début du printemps, du givre puis de la glace peuvent se former sur les pales et la nacelle des éoliennes entraînant un surpoids, un déséquilibre du rotor et des risques de projection de cette glace. La glace sur les pales de l'éolienne diminue sa puissance et augmente les efforts sur la machine. Le balourd créé déséquilibre la rotation du rotor.

Un système de protection contre la glace est donc fourni le cas échéant avec les éoliennes pour prévenir de ces dangers, conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011.

Le système de protection se base sur trois méthodes redondantes :

- Comparaison des mesures de vent par deux anémomètres sur la nacelle, l'un étant chauffé, l'autre non, associé à des paramètres climatiques additionnels (notamment critère de température) ;
- Analyse de données de fonctionnement de l'éolienne, le dépôt de givre modifiant le profil aérodynamique de la pale et impactant par conséquent la production électrique de la machine ;
- Système de mesure des oscillations et des vibrations qui sont causées par le balourd provoqué par la formation de glace sur les pales qui peuvent, en cas extrême, déclencher un arrêt d'urgence (intégré dans la chaîne de sécurité de l'éolienne).

La détection de glace génère une alarme sur le système de surveillance à distance de l'éolienne (SCADA) et informe l'exploitant de l'événement. Celui-ci stoppe l'éolienne et ne peut la redémarrer que sur place, après un contrôle visuel des pales et de la nacelle permettant d'évaluer l'importance de la formation de glace (redémarrage à distance impossible).

En cas de conditions de gel prolongé, les éoliennes sont maintenues à l'arrêt jusqu'au retour de conditions météorologiques plus clémentes.

B.1.i) Protection contre le risque électrique

Les installations électriques à l'intérieur de l'éolienne respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006.

Les installations électriques extérieures à l'éolienne sont conformes aux normes NFC 15100 (dernière version en date d'août 2016), NFC 13100 (version d'avril 2015) et NFC 13-200 (version de juin 2018). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.

B.1.j) Protection contre le risque de fuite de liquide dans la nacelle

Les nacelles des éoliennes sont conçues de sorte que tout écoulement accidentel de liquide provenant d'éléments de la nacelle soit récupéré dans un bac de rétention. Un réservoir de plusieurs centaines de litres, situé dans la tour de l'éolienne, permet ensuite de recueillir les produits de fuite temporairement avant leur évacuation par les moyens appropriés.

L'utilisation de liquide est liée au multiplicateur et aux éléments graissés dont la quantité est limitée (15 à 20 litres utilisés) (roue dentée/engrenage, transmission d'orientation de l'éolienne, frein hydraulique).

Des vérifications des niveaux sont également partie intégrante des opérations de maintenance préventive.

B.1.k) Sécurité positive de l'éolienne – redondance des capteurs

L'éolienne est dotée d'un grand nombre de capteurs (capteurs de température, de pression, de contact, de mesure de vitesse, d'accélération, du retour d'information de chaque état du système ...) sur absolument chaque partie de l'éolienne.

Ainsi, si l'un d'eux est cassé, celui qui est juste après dans la chaîne détectera l'anomalie et signalera par le biais du système de supervision (SCADA) monitoré 24h sur 24 et 7 jours sur 7.

B.1.l) Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes (SCADA)

L'exploitation des éoliennes ne fera pas l'objet d'une présence permanente sur site, mis à part lors des opérations de maintenance. Le fonctionnement du « parc éolien de Saint-Bon » est entièrement automatisé et contrôlé à distance depuis le centre de maintenance qui s'occupera du parc.

L'exploitation des éoliennes s'effectue grâce à un Automate Programmable Industriel (API) qui analyse en permanence les données en provenance des différents capteurs de l'installation et de l'environnement (conditions météorologiques, vitesse de rotation des pales, production électrique, niveau de pression du réseau hydraulique, etc.) et qui contrôle les commandes en fonction des paramètres. Sur un moniteur de contrôle placé au niveau du poste électrique de livraison, toutes les données d'exploitation peuvent être affichées et contrôlées, et des fonctions telles que le démarrage, l'arrêt et l'orientation des pales peuvent être commandées.

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

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

(i) Dans le cas où le système SCADA est défectueux

Le réseau SCADA permet le contrôle à distance du fonctionnement des éoliennes. Ainsi, chaque éolienne dispose de son propre SCADA relié lui-même à un SCADA central qui a pour objectif principal :

- De regrouper les informations des SCADAS des éoliennes ;
- De transmettre à toutes les éoliennes une information identique, en même temps, plutôt que de passer par chaque éolienne à chaque fois.

Ainsi en cas de dysfonctionnement (survitesse, échauffement) ou d'incident (incendie), l'exploitant est immédiatement informé et peut réagir.

Dans le cas d'un dysfonctionnement du système de SCADA central, le contrôle de commande des éoliennes à distance est maintenu puisque ces machines disposent d'un SCADA qui leur est propre. Le seul inconvénient est qu'il faut donner l'information à chacune des éoliennes du parc.

Dans le cas d'un dysfonctionnement du système SCADA propre à une éolienne, ce dernier entraîne l'arrêt immédiat de la machine.

Ainsi, en cas de défaillance éventuelle du système SCADA de commande à distance, le parc éolien est maintenu sous contrôle soit via le système SCADA propre à la machine, soit par l'arrêt automatique de la machine.

(ii) Dans le cas d'une rupture du réseau de fibres optiques

Le système de contrôle de commande des éoliennes est relié par fibre optique aux différents capteurs. En cas de rupture de la fibre optique entre deux éoliennes, la transmission peut s'effectuer directement en passant par le SCADA propre à l'éolienne ou par le SCADA central. Il s'agit d'un système en anneau qui permet de garantir une communication continue des éoliennes.

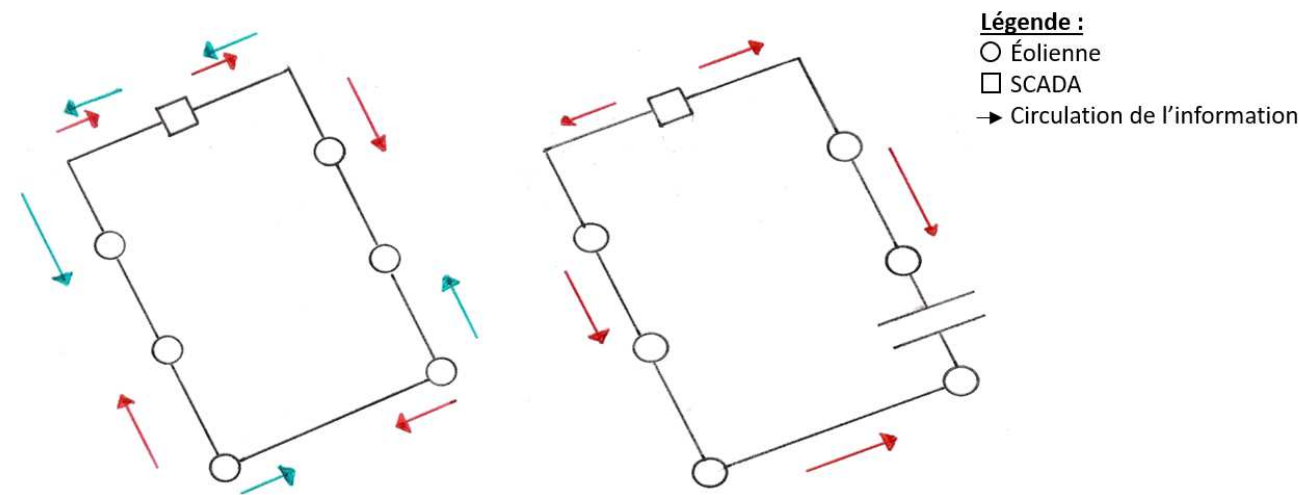


Figure 15 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes (Source : EDPR)

B.2) Respect des principales normes applicables à l'installation

L'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité décrite par l'arrêté du 26/08/2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

Les éoliennes sont conformes à la norme IEC 61400-22 et à la Directive « Machines » du 17 mai 2006 ainsi qu'à la norme NF EN 61400-1 (novembre 2015) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'UE.

Les éoliennes sont mises à la terre et l'installation répond aux dispositions de la norme IEC 61400-22.

La société « EDP France Holding » tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

Le tableau ci-après présente les articles de l'arrêté et la conformité du « projet éolien de Saint-Bon ».

Nota Bene : l'article 1 présente le champ d'application de l'arrêté et l'article 2, les définitions utilisées. Ces deux articles ne sont donc pas présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 12 : Conformité du projet aux rubriques de l'arrêté du 26/08/2011			
Article	Description	Commentaires	Conformité
Section 2 : Implantation			
3	La distance entre le mât de chaque aérogénérateur doit être supérieure à : - 500 m de toutes habitations ; - 300 m d'une installation nucléaire de base	<i>Cf. Étude de dangers - Partie F - Chapitre 1 - A) Zones urbanisées</i> La distance la plus proche est entre l'éolienne E2 est le hameau Vilouette de la commune de Saint-Bon (distance de 800 m). <i>Cf. Étude de dangers - Partie F - Chapitre 1 - C) Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base (INB)</i> La distance la plus proche entre le projet et une INB est de plus de 20 km (réacteur exploités par EDF situés sur la commune de Nogent-sur-Seine).	Oui
4	L'implantation ne doit pas conduire à modifier le fonctionnement des radars et aides à la navigation des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique	<i>Cf. Étude d'impact - Partie D - Chapitre 4 - C.4.b) Aéronautique</i> Le retour de consultation de la Sous-Direction de la Circulation Aérienne Militaire Nord indique que le projet se situe à moins de 30 kilomètres de la zone LF-P « 31 » et au-delà des 30 kilomètres des radars des armées à proximité (radar de Romilly). <i>Cf. Étude d'impact - Partie D - Chapitre 4 - C.4.a) Météo-France</i> Le projet se situe en dehors des zones de protection et d'éloignement minimales pour l'implantation de parcs éoliens à proximité des radars météorologiques de Météo-France.	Oui
5	Si un aérogénérateur est implanté à moins de 250 m d'un bâtiment à usage de bureau, l'exploitant doit réaliser une étude d'ombre projetée afin de conclure sur les impacts liés aux effets stroboscopiques	<i>Cf. Étude de dangers - Partie F - Chapitre 1 - A) Zones urbanisées</i> La distance la plus proche entre une zone urbanisée (habitation et /ou bureau) est de 800 m. Il n'y a donc pas d'étude d'ombre projetée à réaliser.	Oui

Tableau 12 : Conformité du projet aux rubriques de l'arrêté du 26/08/2011			
Article	Description	Commentaires	Conformité
6	L'implantation doit être conçue de telle sorte que les habitations ne soient pas exposées à un champ magnétique	<i>Cf. Étude de dangers - Partie F - Chapitre 1 - A) Zones urbanisées</i> Au vu de l'éloignement entre les habitations et les éoliennes (à plus de 500 mètres) et de la hauteur de la nacelle (91.5 m), les risques de pollution par les champs électromagnétiques émis par un parc éolien sont quasiment nuls.	Oui
Section 3 : Dispositions constructives			
7	Le site doit disposer en permanence d'au moins une voie d'accès carrossable pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours	<i>Cf. Étude de dangers - Partie G - Chapitre 1 - A.4) Chemins d'accès</i> 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.	Oui
8	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 version de 2005	<i>Cf. Étude de dangers - Partie K - Chapitre 2 - A) Effondrement de l'éolienne</i> Le phénomène d'effondrement d'une éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.	Oui
9	L'installation est mise à terre conformément à la norme IEC 61 400-24 dans sa version de juin 2010 et les opérations de maintenance incluent un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.	<i>Cf. Étude de dangers - B.1.e) Protection contre le risque foudre</i> Le système de protection contre la foudre a été conçu pour atteindre un niveau de protection I selon la norme IEC 61400-24. Le Maître d'Ouvrage tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des éoliennes à la norme précitée.	Oui
10	Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 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).	<i>Cf. Étude de dangers - Chapitre 3 - A) Raccordement électrique</i> Les installations électriques à l'intérieur de l'éolienne respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006. Les installations électriques extérieures à l'éolienne sont conformes aux normes NFC 15100 (dernière version en date d'août 2016), NFC 13100 (version d'avril 2015) et NFC 13-200 (version de juin 2018).	Oui
11	Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile.	<i>Cf. Étude de dangers - B.1.b) Balisage des éoliennes</i> Le balisage des éoliennes est défini par l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne. Les éoliennes retenues sont conformes à cet arrêté et sont dotées d'un balisage lumineux d'obstacle au niveau de la nacelle.	Oui
Section 4 : Exploitation			
12	Au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, l'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs	<i>Cf. Étude d'impact - Mesures d'accompagnement</i> Le parc éolien prévoit un suivi de la mortalité, un suivi de l'activité en hauteur des chiroptères et un suivi comportemental des Busards.	Oui

Tableau 12 : Conformité du projet aux rubriques de l'arrêté du 26/08/2011			
Article	Description	Commentaires	Conformité
13	Les personnes étrangères à l'installation n'ont pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs. Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.	<i>Cf. Étude de dangers - B.1.a) Système de fermeture de la porte</i> L'accès à l'intérieur de l'éolienne ne peut se faire que par la porte de service située au pied du mât. Cette porte est dotée d'un verrou à clé. Un dispositif manuel permet d'ouvrir et de fermer le verrou de la porte depuis l'intérieur, même si la clé se trouve à l'extérieur de la porte. Un détecteur avertit les personnels d'exploitation et de maintenance en cas d'ouverture d'une porte d'accès à une éolienne.	Oui
14	Les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement	<i>Cf. Étude d'impact - Mesure de réduction</i> Une mesure de réduction est prévue pour la sécurité des usagers et des locaux (MR15).	Oui
15	Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalise des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements.	<i>Cf. Étude d'impact - A) Historique et planning prévisionnel</i> Le planning du chantier prévoit un mois pour les essais avant la mise en service industrielle.	Oui
16	L'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit.	<i>Cf. Étude de dangers - Partie G - Chapitre 2 - D) Stockage et flux de produits dangereux</i> 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 éolien de Saint-Bon »	Oui
17	Le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît 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.	<i>Cf. Étude de dangers - Partie G - Chapitre 2 - C.1) Personnel qualifié et formation continue</i> Tout personnel amené à intervenir dans les éoliennes est formé et habilité : - Électriquement, selon les tâches attribuées ; - Aux travaux en hauteur, port des EPI, évacuation et sauvetage ; - Sauveteur secouriste du travail.	Oui
18	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.	<i>Cf. Étude d'impact - C) Opérations de maintenance de l'installation</i> Pour garantir la sécurité de fonctionnement de l'installation, il est impératif de procéder à une maintenance régulière. Les opérations de maintenance seront planifiées et coordonnées par EDPR. La réalisation de ces maintenances sera contractualisée avec les entreprises sélectionnées par EDPR et compétentes pour les missions assignées.	Oui
19	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.	<i>Cf. Étude de dangers - Partie G - Chapitre 2 - C.2) Planification de la maintenance</i> La société « EDP France Holding » disposera 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.	Oui
20	L'exploitant élimine ou fait éliminer les déchets produits dans des conditions propres à garantir les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement.	<i>Cf. Étude d'impact - B.3.b) EDPR, maître d'ouvrage du chantier de construction</i> Le parc éolien respectera la réglementation en vigueur pour la gestion des déchets en phase chantier et en phase d'exploitation.	Oui

Tableau 12 : Conformité du projet aux rubriques de l'arrêté du 26/08/2011			
Article	Description	Commentaires	Conformité
21	Gestion des déchets non dangereux	<i>Cf. Étude d'impact – Chapitre 2 – Mesures de réduction</i> Le parc éolien respectera la réglementation en vigueur pour la gestion des déchets en phase chantier et en phase d'exploitation.	Oui
Section 5 : Risques			
22	Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance	<i>Cf. Étude de dangers – Partie G - Chapitre 2 - C.1) Personnel qualifié et formation continue</i> Tout personnel amené à intervenir dans les éoliennes est formé et habilité : - Electriquement, selon les tâches attribuées ; - Aux travaux en hauteur, port des EPI, évacuation et sauvetage ; - Sauveteur secouriste du travail.	Oui
23	Chaque aérogénérateur est doté d'un système de détection d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur	<i>Cf. Étude de dangers – B.1.d) Protection contre le risque incendie</i> Tous les composants mécaniques et électriques de l'éolienne dans lesquels un incendie pourrait potentiellement se déclencher en raison d'une éventuelle surchauffe ou de court-circuit, sont continuellement surveillés par des capteurs lors du fonctionnement, et cela en premier lieu afin de s'assurer de leur bon fonctionnement. <i>Cf. Étude de dangers – B.1.f) Protection contre la survitesse</i> Chaque éolienne est dotée d'un dispositif de freinage pour diminuer les contraintes mécaniques qui s'exercent sur cette dernière lorsque le vent augmente. Ce dispositif arrête tout fonctionnement de l'éolienne en cas de tempête par exemple. Cela s'effectue par une rotation des pales limitant la prise au vent puis par des freins moteurs.	Oui
24	Chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur	<i>Cf. Étude de dangers – B.1.d) Protection contre le risque incendie</i> Les éoliennes envisagées disposent de plusieurs extincteurs manuels portatifs à CO2 localisés dans la nacelle et le mât. Ils sont positionnés de façon bien visible et facilement accessible. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Ils font l'objet d'un contrôle régulier par un organisme agréé. Par ailleurs lors des interventions, les techniciens emmènent également un extincteur dans leur véhicule de service.	Oui
25	Chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur	<i>Cf. Étude de dangers - B.1.h) Protection contre la glace</i> Un système de protection contre la glace est donc fourni le cas échéant avec les éoliennes pour prévenir de ces dangers, conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011.	Oui
Section 6 : Bruit			
26	L'installation est construite, équipée et exploitée de façon telle que son fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits transmis par voie aérienne ou sol-dienne susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage.	<i>Cf. Étude d'impact – Note acoustique</i> Le parc respectera la réglementation en vigueur.	Oui

Tableau 12 : Conformité du projet aux rubriques de l'arrêté du 26/08/2011			
Article	Description	Commentaires	Conformité
27	Les véhicules de transport, les matériels de manutention et les engins de chantier utilisés à l'intérieur de l'installation sont conformes aux dispositions en vigueur en matière de limitation de leurs émissions sonores. En particulier, les engins de chantier sont conformes à un type homologué. L'usage de tous appareils de communication par voie acoustique (par exemple sirènes, avertisseurs, haut-parleurs), gênant pour le voisinage, est interdit, sauf si leur emploi est exceptionnel et réservé à la prévention et au signalement d'incidents graves ou d'accidents.	<i>Cf. Étude d'impact – Note acoustique</i> Le parc respectera la réglementation en vigueur.	Oui
28	Lorsque des mesures sont effectuées pour vérifier le respect des présentes dispositions, elles sont effectuées selon les dispositions de la norme NF 31-114 dans sa version en vigueur six mois après la publication du présent arrêté ou à défaut selon les dispositions de la norme NFS 31-114 dans sa version de juillet 2011.	<i>Cf. Étude d'impact – Note acoustique</i> Le parc respectera la réglementation en vigueur.	Oui

B.3) Nature et organisation des moyens de secours

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

Afin d'informer le public, le porteur de projet, durant la phase de travaux, posera des panneaux de chantier informatif. Il sera notamment précisé, la nature des travaux, les dangers que ceux-ci induisent, ainsi que le contact des personnes à joindre en cas d'accident.

C) Opérations de maintenance de l'installation

L'objectif de ce paragraphe est de décrire les opérations de maintenance prévues par l'exploitant, qu'il s'agisse de maintenance préventive ou curative.

La maintenance de l'installation sera réalisée par le constructeur de celle-ci (ou autre prestataire spécialisé) pour le compte de la société « EDP France Holding ».

C.1) Personnel qualifié et formation continue

Tout personnel amené à intervenir dans les éoliennes est formé et habilité :

- Electriquement, selon les tâches attribuées ;
- Aux travaux en hauteur, port des EPI, évacuation et sauvetage ;
- Sauveteur secouriste du travail.

Ces habilitations sont recyclées périodiquement suivant la réglementation ou les recommandations en vigueur. Des contrôles des connaissances sont réalisés afin de vérifier la validité de ces habilitations.

Des points mensuels concernant la sécurité et les procédures sont effectués avec l'ensemble du personnel de maintenance. Une présentation du fonctionnement de la sécurité est réalisée auprès des nouveaux embauchés.

C.2) Planification de la maintenance

C.2.a) Préventive

La maintenance, réalisée sur l'ensemble des parcs éoliens, est préventive. Elle contribue à améliorer la fiabilité des équipements (sécurité des tiers et des biens) et la qualité de la production (en l'absence de panne subite). Cette maintenance préventive se traduit par la définition de plans d'actions et d'interventions sur l'équipement, par le remplacement de certaines pièces en voie de dégradation afin d'en limiter l'usure, par le graissage ou le nettoyage régulier de certains ensembles. Chacune des interventions sur les éoliennes ou leurs périphériques fait l'objet de l'arrêt du rotor pendant toute la durée des opérations.

La société « EDP France Holding » disposera 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. Elle tiendra 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.

La société « EDP France Holding » procèdera, trois mois après la mise en service, 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.

Puis un nouveau contrôle sera effectué un an après la mise en service industrielle, et après ces contrôles se feront suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans.

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, la société « EDP France Holding » procèdera également 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.

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

C.2.b) Curative

En cas de défaillance, les techniciens interviennent rapidement sur l'éolienne afin d'identifier l'origine de la défaillance et les corriger.

D) 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 éolien de Saint-Bon »

Chapitre 3 - Fonctionnement des réseaux de l'installation

A) Raccordement électrique

Le schéma ci-après présente le principe de raccordement d'un parc éolien au réseau d'électricité.

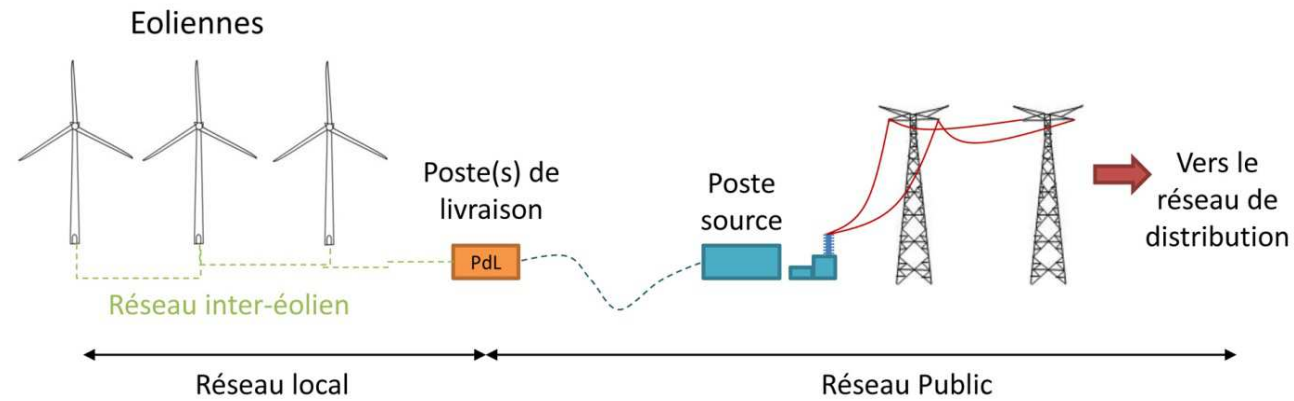


Figure 16 : Raccordement électrique des installations (Source : Guide de l'étude de dangers)

A.1) Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne³, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.

A.2) Poste de livraison

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

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

³ Si le transformateur n'est pas intégré au mât de l'éolienne, il est situé à l'extérieur du mât, à proximité immédiate, dans un local fermé.

A.3) Réseau électrique externe

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

B) Autres réseaux

Le « parc éolien de Saint-Bon » 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.

Partie H - 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.

Chapitre 1 - Potentiels de dangers liés aux produits

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

Les produits identifiés dans le cadre du « parc éolien de Saint-Bon » sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

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

A) Inventaire des produits

Les substances ou produits chimiques mis en œuvre dans l'installation sont limités. Les seuls produits présents en phase d'exploitation des aérogénérateurs sont :

- l'huile hydraulique,
- l'huile de lubrification du multiplicateur,
- l'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement,
- les graisses pour les roulements et systèmes d'entrainements,
- l'hexafluorure de soufre (SF6), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique.

D'autres produits peuvent être utilisés lors des phases de maintenance (lubrifiants, décapants, produits de nettoyage), mais toujours en faibles quantités (quelques litres au plus).

B) Danger des produits

B.1) Inflammabilité et comportement vis-à-vis de l'incendie

Les huiles, les graisses et l'eau glycolée ne sont pas des produits inflammables. Ce sont néanmoins des produits combustibles qui sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud intense peuvent développer et entretenir un incendie. Dans les incendies d'éoliennes, ces produits sont souvent impliqués.

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

L'hexafluorure de soufre (SF6) est pour sa part ininflammable.

B.2) Toxicité pour l'homme

Ces divers produits ne présentent pas de caractère de toxicité pour l'homme. Ils ne sont pas non plus considérés comme corrosifs.

B.3) Dangérosité pour l'environnement

Vis-à-vis de l'environnement, le SF6 possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont très limitées. Les huiles et graisses, même si elles ne sont pas classées comme dangereuses pour l'environnement, peuvent, en cas de déversement au sol ou dans les eaux, entraîner une pollution du milieu.

En conclusion, il ressort que les produits ne présentent pas de réel danger, si ce n'est lorsqu'ils sont soumis à un incendie (entretien de ce dernier), ou s'ils sont déversés dans l'environnement générant un risque de pollution des sols ou des eaux.

Chapitre 2 - Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du « parc éolien de Saint-Bon » 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
- Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant.

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

Chapitre 3 - Réduction des potentiels de dangers à la source

A) Principales actions préventives

Cette partie explique les choix qui ont été effectués par le porteur de projet au cours de la conception du projet pour réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation.

A.1) Choix de l'implantation des installations

Ce projet de parc éolien a vu le jour en décembre 2016 avec une prise de position communale. En janvier 2017, un comité de pilotage est mis en place pour définir le cahier des charges, les membres et les rôles de chacun.

La figure ci-dessous présente le planning prévisionnel de la réalisation du projet éolien de Saint-Bon.



Figure 17 : Planning prévisionnel du projet (Source : EDPR France Holding)

Le site de projet est situé sur la commune de Saint-Bon (51) entre les lieux-dits « le Plateau » et le « Buisson Pouilleux » à l'est de la rue de Champfleury. Il se trouve à environ 2,3 Km à l'est du centre du village, à 1 Km à l'est du hameau de Villouette. Ce site de projet est également situé en limite communale entre Saint-Bon et Escardes. Le site connaît une activité agricole et a subi peu de modification depuis 1975 (source : <https://remonterletemps.ign.fr/>).

A.2) Choix du modèle d'éolienne

Dans le cadre de l'étude de dangers du « parc éolien de Saint-Bon », le modèle d'éolienne retenu est la VESTAS V117 3.45 MW, dont les caractéristiques sont détaillées dans le tableau ci-après.

Caractéristiques de l'éolienne Vestas V117 3.45 MW (Source : Constructeur VESTAS)	
Hauteur de moyeu	91.5 m
Hauteur mât et nacelle	118.3 m
Hauteur totale de l'éolienne en bout de pale	150.0 m
Diamètre de rotor	117 m
Rayon du rotor	58.5 m
Largeur du mât	4 m
Largeur de base de la pale	4 m
Longueur d'une pale	57.2 m

B) 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.

Partie I - Analyse des retours d'expérience



Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature 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 d'analyse détaillée des risques.

Chapitre 1 - Inventaire des accidents et incidents en France

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

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

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

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

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens 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). 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.

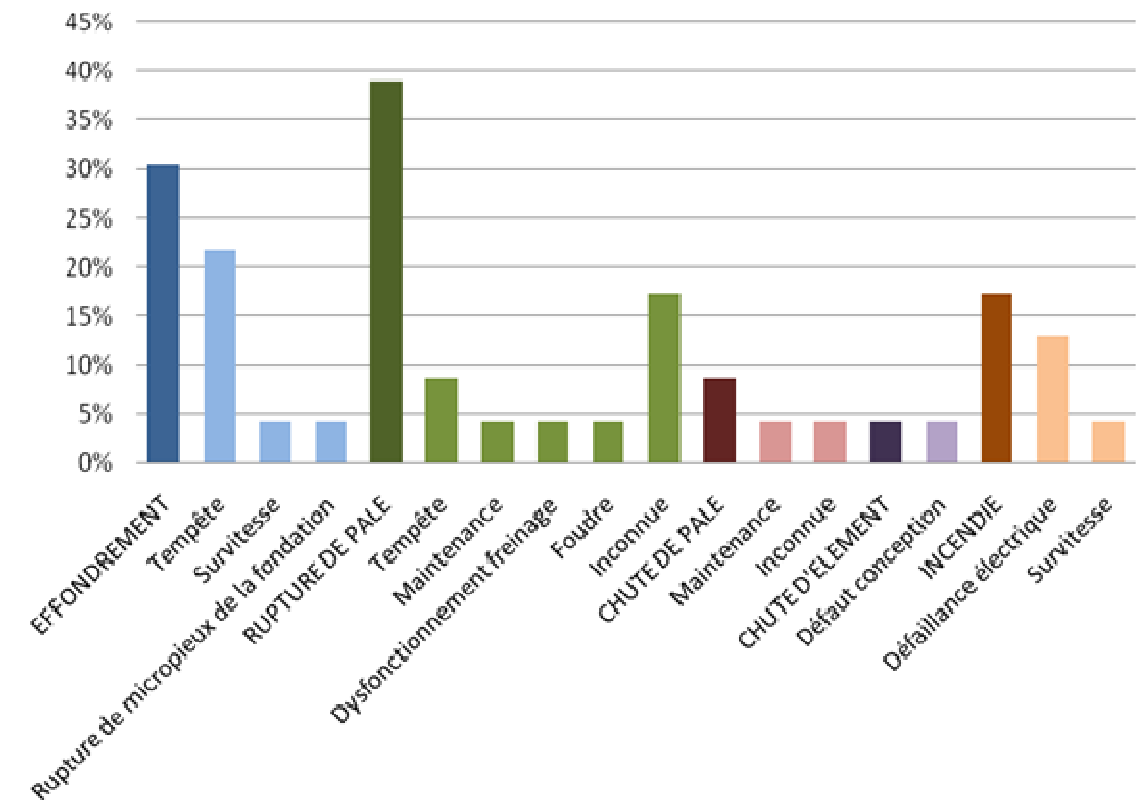


Figure 18 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011 (Source : Guide de l'étude de dangers)

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.

Afin de compléter ces informations, une consultation de la base de données ARIA⁴ a été réalisée en février 2020. Celle-ci a permis de recenser de nouveaux éléments dont le détail est présenté en annexe (Cf. Annexe 6 : Accidentologie française, compléments de 2012 à 2019 (Source : Base de données ARIA)).

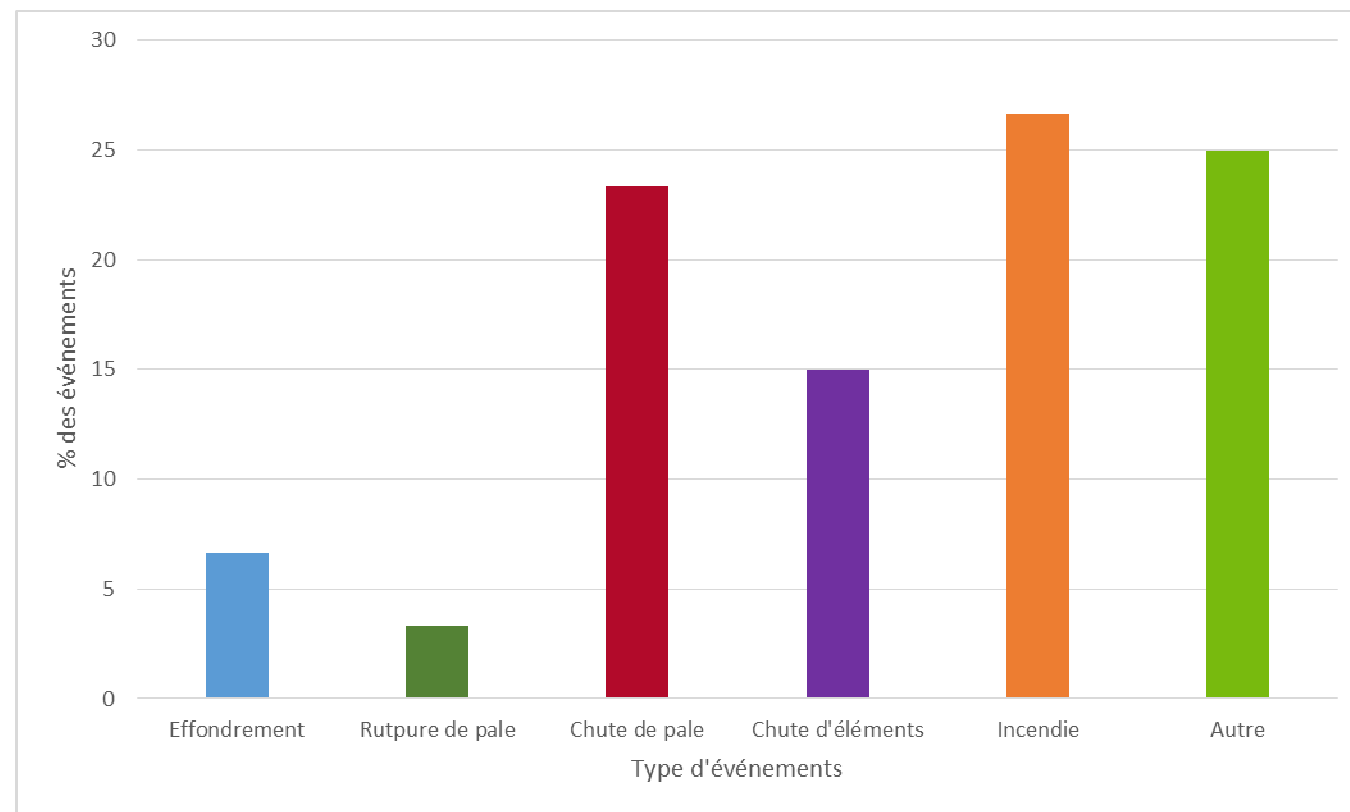


Figure 19 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2012 et 2019 (Source : Guide de l'étude de dangers)

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les incendies, les événements « Autre », la chute de pale, la chute d'éléments, l'effondrement et la rupture de pale.

Les événements « autre » correspondent par exemple à des accidents lors des opérations de maintenance ou à des fuites d'huile.

Chapitre 2 - Inventaire des accidents et incidents à l'international

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

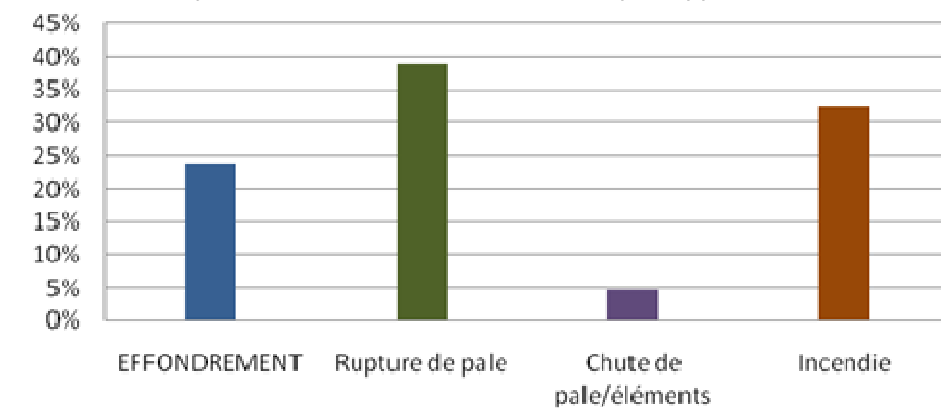


Figure 20 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (Source : Guide de l'étude de dangers)

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).

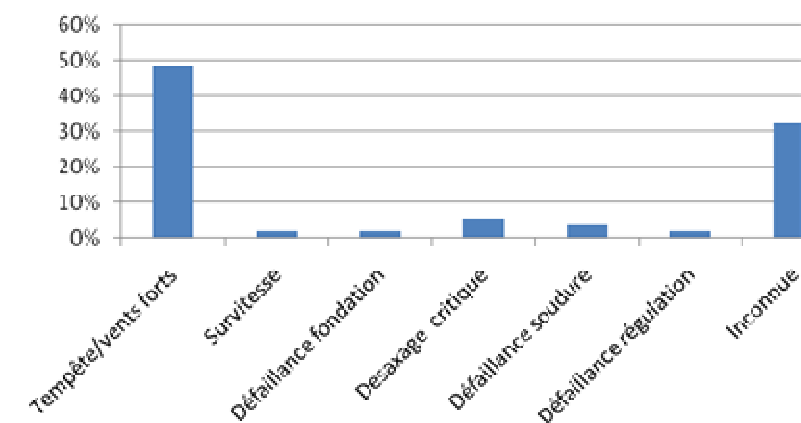


Figure 21 : Répartition des causes d'effondrement (Source : Guide de l'étude de dangers)

⁴ La base de données ARIA rassemble les informations sur les accidents technologiques en France. En particulier, elle regroupe les accidents survenus dans les installations classées pour la protection de l'environnement. Cette base de données est accessible à l'adresse suivante : <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr>.

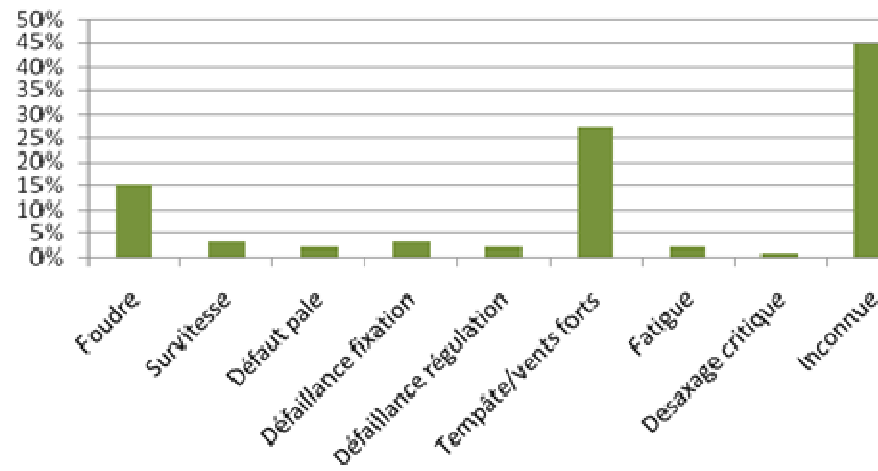


Figure 22 : Répartition des causes premières de rupture de pale (Source : Guide de l'étude de dangers)

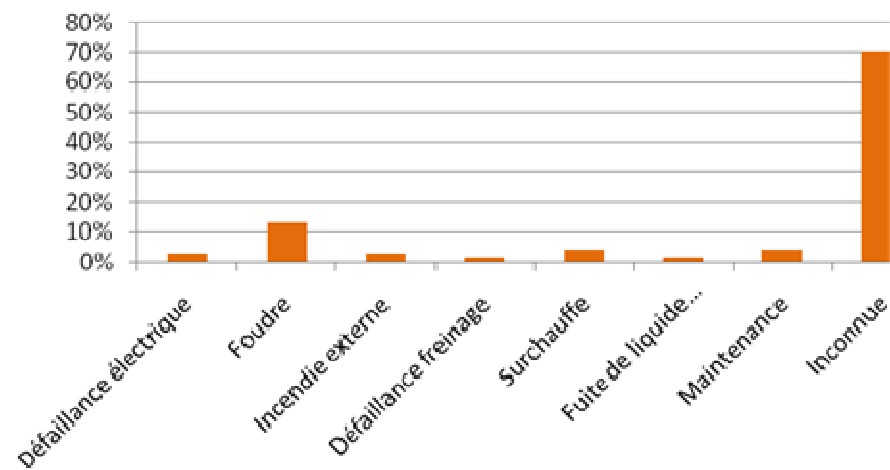


Figure 23 : Répartition des causes premières d'incendie (Source : Guide de l'étude de dangers)

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.

Chapitre 3 - Inventaires des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant

Sur le site éolien d'Escardes, aucun incident n'a été enregistré.

Chapitre 4 - Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

A) Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

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

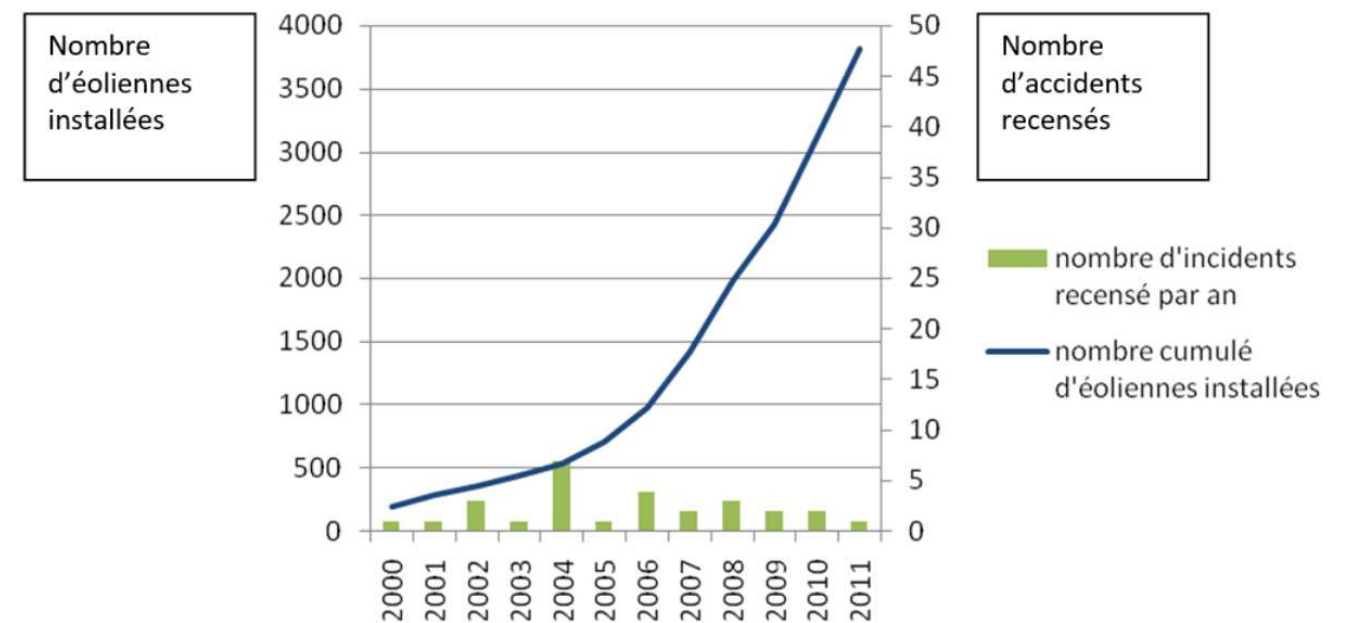


Figure 24 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (Source : Guide de l'étude de dangers)

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

B) Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

Chapitre 5 - Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

- **La non-exhaustivité des événements** : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors certains événements ne sont pas reportés. En particulier, les événements les moins spectaculaires peuvent être négligés : chutes d'éléments, projections et chutes de glace ;
- La non-homogénéité des aérogénérateurs inclus dans ce retour d'expérience : les aérogénérateurs observés n'ont pas été construits aux mêmes époques et ne mettent pas en œuvre les mêmes technologies. Les informations sont très souvent manquantes pour distinguer les différents types d'aérogénérateurs (en particulier concernant le retour d'expérience mondial) ;
- **Les importantes incertitudes sur les causes et sur la séquence qui a mené à un accident** : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents ;

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

Partie J - Analyse préliminaire des risques



L'objectif de cette partie est de guider le lecteur dans la réalisation de sa propre analyse de risque. Les outils d'analyse des risques sont nombreux (ex : AMDEC, APR, HAZOP, etc.). Le présent guide propose l'utilisation de la méthode APR qui est souple d'utilisation, adaptée et plus facile à mettre en œuvre et à instruire dans le contexte des éoliennes.

Chapitre 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.

Chapitre 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 suraccident 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.

Chapitre 3 - Recensement des agressions externes potentielles

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

A) Agressions externes liées aux activités humaines

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

Tableau 14 : Agressions externes liées aux activités humaines							
Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes		
					E1	E2	E3
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	830 m avec la D249	902 m avec la D249	1024 m avec la D249
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	≈ 17 000 m avec l'aérodrome de la Ferté-Gaucher	≈ 17 000 m avec l'aérodrome de la Ferté-Gaucher	≈ 17 000 m avec l'aérodrome de la Ferté-Gaucher
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	≈ 1360 m et la ligne électrique de 400 kV	≈ 1 600 m et la ligne électrique de 400 kV	≈ 1 180 m et la ligne électrique de 400 kV

Chapitre 4 - Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

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).

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes		
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	≈ 935 m entre E1 et l'éolienne la plus proche du Parc éolien d'Escardes	≈ 702 m entre E2 et l'éolienne la plus proche du Parc éolien d'Escardes	≈ 584 m entre E3 et l'éolienne la plus proche du Parc éolien d'Escardes

Nota Bene : la canalisation de gaz située à 182 m de l'éolienne E1 (distance la plus proche au parc) n'a pas été prise en compte dans le tableau précédent. En effet, l'événement redouté serait une rupture de la canalisation qui ne peut conduire à un danger potentiel direct sur les éoliennes. Il pourrait y avoir un risque d'incendie et /ou d'explosion mais qui nécessiterait une succession d'événements en chaîne (rupture de canalisation + incendie au niveau de la rupture).

B) Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempêtes	La commune de Saint-Bon n'est pas soumise au risque de tempêtes et ne se trouve pas dans une zone affectée par des cyclones tropicaux. Les vents sur le site d'étude ont pour 29.6 % une direction sud-ouest.
Foudre	La zone d'étude est concernée par un nombre moyen d'impacts de foudre au sol par Km ² compris entre 51 et 100 (entre 1997 et 2014). Respect de la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010)
Glissement de sols/ affaissement miniers	La zone d'étude présente un aléa de retrait gonflement des argiles d'un niveau allant de moyen à fort. Ce risque sera pris en compte dans le dimensionnement des installations. Il est à noter que le porteur de projet a réalisé une étude hydrogéologique ⁵ sur le parc éolien d'Escardes (situé au sud de la zone d'étude) pour définir les prescriptions à appliquées durant la phase de chantier. Ce risque est donc intégré à la conception du projet.

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

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

⁵ Source : Étude hydrogéologique – Parc éolien d'Escardes.2015. ALIOS pour EDPR

Tableau 16 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels (Source : Guide de l'étude de dangers)

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
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 structure externe et fragilisation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression structure externe et fragilisation	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 structure externe et fragilisation	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

Tableau 16 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels (Source : Guide de l'étude de dangers)

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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.

Chapitre 5 - Effets dominos

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

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

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

Le guide de l'étude de danger préconise de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres.

Il est à noter qu'aucune installation ICPE ne se trouve dans un rayon de 100 mètres.

Chapitre 6 - Mise en place des mesures de sécurité

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes du « parc éolien de Saint-Bon ». 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.

Tableau 17 : Fonction de sécurité n°1 - Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	
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. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.
Temps de réponse	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

Tableau 18 : Fonction de sécurité n°2 - Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	
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.

Tableau 19 : Fonction de sécurité n°3 - Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	
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

Tableau 19 : Fonction de sécurité n°3 - Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	
Efficacité	100 %
Tests	Tests standards réalisés pendant la phase de mise en service de l'équipement selon les procédures du constructeur, avant le démarrage de l'opération commerciale de l'installation
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.

Tableau 20 : Fonction de sécurité n°4 - Prévenir la survitesse	
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.

Tableau 21 : Fonction de sécurité n°5 - Prévenir les courts-circuits	
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.

Tableau 22 : Fonction de sécurité n°6 - Prévenir les effets de la foudre	
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.

Tableau 23 : Fonction de sécurité n°7 - Protection et intervention incendie	
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.

Tableau 24 : Fonction de sécurité n°8 - Prévention et rétention des fuites	
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : – de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; – d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...); – de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite
Efficacité	100 %
Tests	/
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an

Tableau 25 : Fonction de sécurité n°9 - Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)

Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	NA
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du 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.

Tableau 26 : Fonction de sécurité n°10 - Prévenir les erreurs de maintenance

Mesures de sécurité	Procédure maintenance
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel

Tableau 26 : Fonction de sécurité n°10 - Prévenir les erreurs de maintenance	
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	-
Maintenance	NA

Tableau 27 : Fonction de sécurité n°11 - Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort

Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite
Description	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	< 1 min
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.
Tests	Tests standards réalisés pendant la phase de mise en service de l'équipement selon les procédures du constructeur, avant le démarrage de l'opération commerciale de l'installation
Maintenance	Contrôle annuel pendant les phases de maintenance préventive

Tableau 28 : Fonction de sécurité n°12 - Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques

Mesures de sécurité	Mise en place d'une procédure de veille cyclonique et d'intervention + mise en œuvre d'éoliennes équipées de dispositifs anticycloniques permettant abattage et arrimage au sol des éléments les plus sensibles, en particulier les pales
Description	L'ensemble de la structure [mât et/ou nacelle + hélice] peut être rabattu et arrimé au sol. Détection des cyclones. Formation des opérateurs. Mise en place d'une procédure d'intervention suivant les niveaux d'alerte
Indépendance	Oui
Temps de réponse	-
Efficacité	100 %
Tests	-
Maintenance	Contrôle et entretien des équipements de repli cyclonique

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.

Chapitre 7 - Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

Tableau 29 : Scénarii exclus de l'étude détaillée (Source : Guide étude de dangers)	
Nom du scénario exclu	Justifications
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	<p>En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs.</p> <p>Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m² n'est pas atteinte.</p> <p>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.</p> <p>Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.</p> <p>Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie.</p> <p>Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.</p>
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	<p>En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton.</p> <p>De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)</p>
Infiltration d'huile dans le sol	<p>En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.</p> <p>Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.</p>

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

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

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

Partie K - Étude détaillée des risques



Chapitre 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 nationale relatif à l'étude de dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version de mai 2012. Cette méthode est inspirée des méthodes utilisées pour les autres phénomènes dangereux des installations classées, dans l'esprit de la loi du 30 juillet 2003.

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

A) 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 [13], la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

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

B) 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 [13]).

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

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

Dans le cas de scénarios de projection, l'annexe II de cet arrêté précise : « *Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, l'évaluation des effets de projection d'un phénomène dangereux nécessite, le cas échéant, une analyse, au cas par cas, justifiée par l'exploitant. Pour la délimitation des zones*

d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, cette délimitation s'appuie sur une analyse au cas par cas proposée par l'exploitant ».

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

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

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

Tableau 30 : Degré d'exposition (Source : Guide étude de dangers)

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.

C) 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 31 : Échelle de gravité des conséquences sur l'Homme (Source : Guide étude de dangers)

Gravité \ Intensité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée
« Désastreux »	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
« Catastrophique »	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
« Important »	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieux »	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées

D) 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 :

Niveaux	Échelle qualitative	Échelle 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 :

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

- P_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ
- $P_{\text{orientation}}$ = probabilité que l'éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d'une défaillance dans la direction d'un point donné (en fonction des conditions de vent notamment)
- P_{rotation} = probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment)
- P_{atteinte} = probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation)
- $P_{\text{présence}}$ = probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné
- Dans le cadre des études de dangers des éoliennes, une approche majorante assimilant la probabilité d'accident (P_{accident}) à la probabilité de l'événement redouté central (P_{ERC}) a été retenue.

Chapitre 2 - Caractérisation des scénarios retenus

Dans le cadre de l'étude de dangers du « parc éolien de Saint-Bon », le modèle d'éolienne retenu est la VESTAS V117 3.45 MW.

C'est donc ce modèle avec les caractéristiques détaillées dans le tableau ci-après qui fera l'objet de l'étude détaillée des risques (cf. Annexe 5 : Fiche technique de l'éolienne VESTAS V117 3.45 MW (Source : © 2020 Vestas Wind Systems A/S. All rights reserved.)).

Caractéristique	Valeur
Hauteur de moyeu	91.5 m
Hauteur mât et nacelle	118.3 m
Hauteur totale de l'éolienne en bout de pale	150.0 m
Diamètre de rotor	117 m
Rayon du rotor	58.5 m
Largeur du mât	4 m
Largeur de base de la pale	4 m
Longueur d'une pale	57.2 m

A) Effondrement de l'éolienne

A.1) Zone d'effet

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

Distance d'effet = surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale

Cette distance d'effet est de 175.2 m dans le cas des éoliennes du « parc éolien de Saint-Bon ».

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

A.2) Intensité

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

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du « parc éolien de Saint-Bon », avec :

- R est la longueur de pale : dans le cas du présent projet, R= 57.2 m ;
- H est la hauteur du mât : dans le cas du présent projet, H= 91.5 m ;
- L est la largeur du mât : dans le cas du présent projet, L= 4 m ;
- LB est la largeur de la base de la pale : dans le cas du présent projet, LB = 4 m.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = (H) \times L + 3 \times R \times LB / 2$	$Z_e = \pi \times (H + R)^2$	$(Z_i / Z_e) \times 100$	Cf. Tableau 30 : Degré d'exposition (Source : Guide étude de dangers)
Z_i = 709.2 m² = 91.5 x 4 + 3x57.2 x 4/2	Z_e = 69 645 m² = π x (91.5 + 57.2) ²	X = 1.018 % = 709.2 / 69 645 * 100	Exposition forte = 5% > 1.018% > 1%

L'intensité du phénomène d'effondrement est catégorisée en « exposition forte » dans le rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, et elle est considérée comme nulle au-delà de la zone d'effondrement.

A.3) Gravité

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

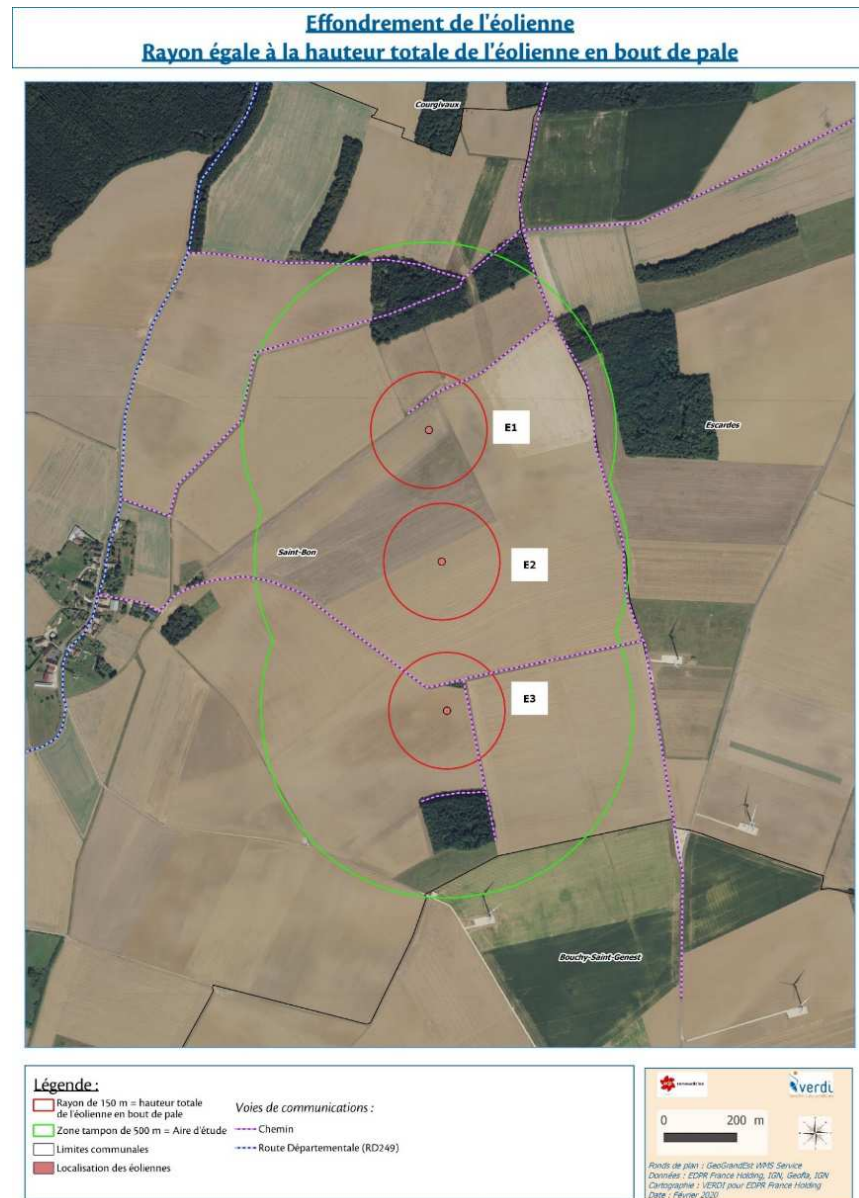
- Plus de 100 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »
- Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « Modéré »

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m)						
Éolienne	Type de terrain dans la zone d'effet	Surface en m ²	Comptage sur la zone	Route	Nombre de personnes Permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Terrains non bâtis	80 317	0.80	Voies de circulation non structurantes	0.80	Modéré
E2	Terrains non bâtis	80 317	0.80	Non concerné	0.80	Modéré
E3	Terrains non bâtis	80 317	0.80	Voies de circulation non structurantes	0.80	Modéré

Voir carte ci-après présentant la surface prise en compte et les types de terrain dans la zone d'effet. L'ensemble des voies de circulations sont non structurantes (chemins agricoles) et le reste des aires d'études sont des terrains non aménagés et très peu fréquentés.

La gravité sera donc considérée pour chaque éolienne comme « modérée ».



⇒ **Carte 21 : Effondrement de l'éolienne – Rayon égale à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale**

A.4) Probabilité

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

Tableau 36 : Probabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » (Source : Guide étude de dangers)		
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	4,5 x 10 ⁻⁴	Retour d'expérience
Specification of minimum distances [6]	1,8 x 10 ⁻⁴ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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

Le 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'expérience⁶, soit une probabilité de 4,47 x 10⁻⁴ par éolienne et par an.

⁶ Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

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

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

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

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

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

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

A.5) Acceptabilité

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 10 personnes sont exposées et dans le cas où plus de dix personnes sont exposées dans la zone d'effet d'un aérogénérateur, l'exploitant pourra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place. Il est également rappelé que la bonne pratique est de préserver une distance d'isolement égale à la hauteur totale de l'éolienne entre l'aérogénérateur et les autoroutes.

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 37 : Scénario d'effondrement – Acceptation du risque		
Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le « parc éolien de Saint-Bon », le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

B) Chute de glace

B.1) Considérations générales

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

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

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

B.2) Zone d'effet

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

Distance d'effet = rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne

Pour le « parc éolien de Saint-Bon », la zone d'effet a donc un rayon de 58.5 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.

B.3) Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du « parc éolien de Saint-Bon » :

- Z_I est la zone d'impact,
- Z_E est la zone d'effet,
- R est la longueur de pale (R= 57.2 m),
- SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m² de façon à majorer la zone d'impact et donc le degré d'exposition).

Tableau 38 : Scénario de chute de glace – Calcul de l'intensité			
Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 117 m/2 = 58.5 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I / Z_E$	<i>Cf. Tableau 30 : Degré d'exposition (Source : Guide étude de dangers)</i>
$Z_I = 1 \text{ m}^2$	$Z_E = 10\,751 \text{ m}^2$ $= \pi \times 58.5^2$	$d = 0.009 \%$ $= 1 / 10\,751 * 100$	Exposition modérée $= 1 \% > 0.009 \%$

L'intensité du phénomène de chute de glace est catégorisée en « exposition modérée » dans la zone de survol de survol, et elle est considérée comme nulle au-delà de cette zone.

B.4) Gravité

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

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

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

Tableau 39 : Scénario de chute de glace – Cotation de la gravité						
Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 117 m/2 = 58.5 m)						
Éolienne	Type de terrain dans la zone d'effet	Surface en m ²	Comptage sur la zone	Route	Nombre de personnes Permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Terrains non bâtis	14 721	0.14	Voies de circulation non structurantes	0.14	Modéré
E2	Terrains non bâtis	14 721	0.14	Non concerné	0.14	Modéré
E3	Terrains non bâtis	14 721	0.14	Voies de circulation non structurantes	0.14	Modéré

Voir carte ci-après présentant la surface prise en compte et les types de terrain dans la zone d'effet. L'ensemble des voies de circulations sont non structurantes (chemins agricoles) et le reste des aires d'études sont des terrains non aménagés et très peu fréquentés.

La gravité sera donc considérée pour chaque éolienne comme « modérée ».

**Chute de glace
Zone de survol de l'éolienne**



Légende :

- Rayon de 58,5 m = zone de survol de l'éolienne
- Zone tampon de 500 m = Aire d'étude
- Limites communales
- Localisation des éoliennes

Voies de communications :

- Chemin
- Route Départementale (RD249)

0 200 m

Fonds de plan : ClewCloudEt + GIS Service
Données : EDPR France Holding, IGN, Georis, IGN
Cartographie : VERDI pour EDPR France Holding
Date : Février 2020

⇒ Carte 22 : Chute de glace – Zone de survol de l'éolienne

B.5) Probabilité

De façon conservatrice, il est considéré que la probabilité est de classe « A », c'est-à-dire une probabilité supérieure à 10⁻².⁷

B.6) Acceptabilité

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du « parc éolien de Saint-Bon », la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 40 : Scénario de chute de glace – Acceptation du risque		
Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 117 m/2 = 58.5 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le « parc éolien de Saint-Bon », le phénomène de chute de glace 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.

⁷ La donnée de probabilité supérieure à 10⁻², est issue du Guide l'étude de dangers.

C) Chute d'éléments de l'éolienne

C.1) Zone d'effet

La chute d'éléments comprend la chute de tous les équipements situés en hauteur : trappes, boulons, morceaux de pales ou pales entières. Le cas majorant est ici le cas de la chute de pale. Il est retenu dans l'étude détaillée des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments. Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor :

Distance d'effet = zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor

C.2) Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du « parc éolien de Saint-Bon » :

- d est le degré d'exposition ;
- Z_i la zone d'impact ;
- Z_E la zone d'effet ;
- R la longueur de pale (R= 57.2 m) ;
- LB la largeur de la base de la pale (LB= 4 m).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 117 m/2 = 58.5 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \cdot LB / 2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_i / Z_E$	<i>Cf. Tableau 30 : Degré d'exposition (Source : Guide étude de dangers)</i>
$Z_i = 114.4 \text{ m}^2$ = 57.2 * 4 / 2	$Z_E = 10\ 641 \text{ m}^2$ = $\pi \times 58.2^2$	$d = 1.07 \%$ = 114.4 / 10 641 * 100	Exposition forte = 5% > 1.07 % > 1%

L'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne est catégorisée en « exposition modérée » dans la zone de survol, et elle est considérée comme nulle au-delà de cette zone.

C.3) Gravité

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

Dans le cas d'un phénomène de chute d'élément engendrant une zone d'exposition importante, les catégories sont les suivantes :

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

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 117 m/2 = 58.5 m)						
Éolienne	Type de terrain dans la zone d'effet	Surface en m ²	Comptage sur la zone	Route	Nombre de personnes Permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Terrains non bâtis	14 721	0.14	Voies de circulation non structurantes	0.14	Sérieux
E2	Terrains non bâtis	14 721	0.14	Non concerné	0.14	Sérieux
E3	Terrains non bâtis	14 721	0.14	Voies de circulation non structurantes	0.14	Sérieux

Voir *Carte 22 : Chute de glace – Zone de survol de l'éolienne* qui présente la surface prise en compte et les types de terrain dans la zone d'effet (il s'agit de la même zone que celle de chute de glace). L'ensemble des voies de circulations sont non structurantes (chemins agricoles) et le reste des aires d'études sont des terrains non aménagés et très peu fréquentés.

La gravité sera donc considérée pour chaque éolienne comme « modérée ».

C.4) Probabilité

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47 x 10⁻⁶ 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.

C.5) Acceptabilité

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 117 m/2 = 58.5 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le « parc éolien de Saint-Bon », le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

D) Projection de pales ou de fragments de pales

D.1) 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 [3]. Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études [5] et [6]. 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 :

Distance d'effet = 500 m

D.2) Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du « parc éolien de Saint-Bon » :

- d est le degré d'exposition ;
- Z_i la zone d'impact ;
- Z_e la zone d'effet ;
- R la longueur de pale (R= 57.2 m) ;
- LB la largeur de la base de la pale (LB= 4 m).

Tableau 44 : Scénario de projection de pale ou de fragment de pale – Calcul de l'intensité			
Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \cdot LB / 2$	$Z_e = \pi \cdot R^2$	$d = Z_i / Z_e$	<i>Cf. Tableau 30 : Degré d'exposition (Source : Guide étude de dangers)</i>
$Z_i = 114.4 \text{ m}^2$ = 57.2 * 4 / 2	$Z_e = 785 398 \text{ m}^2$ = $\pi \cdot 500^2$	$d = 0.014 \%$ = 114.4 / 785 398 * 100	Exposition modérée = 1 % > 0.019 %

L'intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale est catégorisée en « exposition modérée » dans la zone de 500 m autour de chaque éolienne.

D.3) Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe cf. *Partie K - Chapitre 1 - Rappel des définitions*, 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 de pales ou de fragments de pales et la gravité associée :

Tableau 45 : Scénario de projection de pale ou de fragment de pale – Cotation de la gravité						
Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)						
Éolienne	Type de terrain dans la zone d'effet	Surface en m ²	Comptage sur la zone	Route	Nombre de personnes Permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Terrains non bâtis	816 055	8.16	Voies de circulation non structurantes	8.16	Sérieux
E2	Terrains non bâtis	816 055	8.16	Non concerné	8.16	Sérieux
E3	Terrains non bâtis	816 055	8.16	Voies de circulation non structurantes	8.16	Sérieux

Voir carte ci-après présentant la surface prise en compte et les types de terrain dans la zone d'effet. L'ensemble des voies de circulations sont non structurantes (chemins agricoles) et le reste des aires d'études sont des terrains non aménagés et très peu fréquentés.

La gravité sera donc considérée pour chaque éolienne comme « modérée ».

**Projection de pales ou de fragments de pales
Zone de 500 m autour de chaque éolienne**



Carte 23 : Projection de pales ou de fragments de pales – Zone de 500 m autour de chaque éolienne

D.4) Probabilité

Les valeurs retenues dans la littérature pour une rupture de pales ou de fragments de pales sont détaillées dans le tableau suivant :

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assessment for a wind farm project [4]	1 x 10 ⁻⁶	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design

Tableau 46 : Probabilité du phénomène « Projection de pales ou de fragments de pales » (Source : Guide étude de dangers)

Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	1, 1 x 10 ⁻³	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances [6]	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 ».

D.5) Acceptabilité

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du « parc éolien de Saint-Bon », la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

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

Ainsi, pour le « parc éolien de Saint-Bon », le phénomène de projection de pales ou de fragments de pales constitue un risque acceptable pour les personnes.

E) Projection de glace

E.1) Zone d'effet

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

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

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

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

E.2) Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du « parc éolien de Saint-Bon » :

- ⇒ d est le degré d'exposition ;
- ⇒ Z_i la zone d'impact ;
- ⇒ Z_E la zone d'effet ;
- ⇒ R la longueur de pale (R= 57.2 m) ;
- ⇒ H la hauteur du moyeu (H = 91.5 m) ;
- ⇒ SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m² de façon à majorer la zone d'impact et donc le degré d'exposition) ;
- ⇒ R_{PG} est la distance d'effet (R_{PG} = 308.85 m).

Tableau 48 : Scénario de projection de morceaux de glace – Calcul de l'intensité			
Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R _{PG} = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _i = SG	Z _E = π x 1,5 x (H+2R) ²	d = Z _i /Z _E	<i>Cf. Tableau 30 : Degré d'exposition (Source : Guide étude de dangers)</i>
Z_i = 1 m²	Z_E = 299 671 m² = π x 1,5 x (91.5 + 2 x 57.2) ²	d = 3.33 * 10⁻⁴ % = 1 / 299 671 * 100	Exposition modérée = 1 % > 3.33 * 10 ⁻⁴ %

L'intensité du phénomène de projection de morceaux de glace est catégorisée en « exposition modérée » dans la zone de 308.85 m autour de chaque éolienne.

E.3) Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe cf. *Partie K - Chapitre 1 - Rappel des définitions.*, 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 [17] qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne 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 49 : Scénario de projection de morceaux de glace – Cotation de la gravité						
Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R _{PG} = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)						
Éolienne	Type de terrain dans la zone d'effet	Surface en m ²	Comptage sur la zone	Route	Nombre de personnes Permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Terrains non bâtis	318971	0.31	Voies de circulation non structurantes	0.31	Modéré
E2	Terrains non bâtis	318971	0.31	Non concerné	0.31	Modéré
E3	Terrains non bâtis	318971	0.31	Voies de circulation non structurantes	0.31	Modéré

Voir carte ci-après présentant la surface prise en compte et les types de terrain dans la zone d'effet. L'ensemble des voies de circulations sont non structurantes (chemins agricoles) et le reste des aires d'études sont des terrains non aménagés et très peu fréquentés.

La gravité sera donc considérée pour chaque éolienne comme « modérée ».

Chute de morceaux de glace
Zone de rayon de 308.85 m = 1.5 x (H+2R)



⇒ **Carte 24 : Projection de morceaux de glace – Zone de rayon de 308.85 m = 1.5 x (H+2R)**

E.4) Probabilité

Au regard de la difficulté d'établir un retour d'expérience précis sur cet événement et considérant les 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.

E.5) Acceptabilité

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du « parc éolien de Saint-Bon », la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 50 : Scénario de projection de morceaux de glace – Acceptation du risque			
Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Éolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage ⁸	Niveau de risque
E1	Modéré		Acceptable
E2	Modéré		Acceptable
E3	Modéré		Acceptable

Ainsi, pour le « parc éolien de Saint-Bon », le phénomène de projection de morceaux de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

⁸ Pour rappel, chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de déduire la formation de glace sur les pales, voir *Partie J - Chapitre 6 - Mise en place des mesures de sécurité*

Chapitre 3 - Synthèse de l'étude détaillée des risques

A) Tableaux de synthèse des scénarii étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques :

- la cinétique,
- l'intensité,
- la gravité,
- la probabilité.

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		acceptable
Risque faible		acceptable
Risque important		non acceptable

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans *Chapitre 6 - Mise en place des mesures de sécurité* ;
- pour l'ensemble des aérogénérateurs la matrice est identique.

Tableau 51 : Scénario de projection de morceaux de glace – Acceptation du risque

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m	Rapide	Exposition forte	D	Modéré pour toutes les éoliennes du "parc éolien de Saint-Bon"
Chute d'élément de l'éolienne	Dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 117 \text{ m}/2 = 58.5 \text{ m}$	Rapide	Exposition forte	C	Sérieux pour toutes les éoliennes du "parc éolien de Saint-Bon"
Chute de glace	Dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 117 \text{ m}/2 = 58.5 \text{ m}$	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré pour toutes les éoliennes du "parc éolien de Saint-Bon"
Projection de pales ou de fragments de pales	Zone de 500 m autour de chaque éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieux pour toutes les éoliennes du "parc éolien de Saint-Bon"
Projection de glace	Dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne = 308 m	Rapide	Exposition modérée	B	Modéré pour toutes les éoliennes du "parc éolien de Saint-Bon"

B) Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

Tableau 52 : Synthèse de l'acceptabilité des risques

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Projection de pales ou de fragments de pales	Chute d'élément de l'éolienne		
Modéré		Effondrement de l'éolienne		Projection de glace	Chute de glace

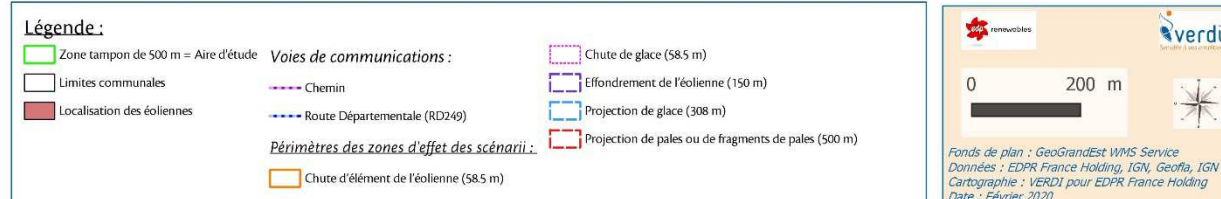
C) Cartographie des risques

A l'issue de la démarche d'analyse des risques, une carte de synthèse des risques doit être proposée par les exploitants pour chaque aérogénérateur. Elle fait apparaître, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse :

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

➤ *Carte 25 : Synthèse détaillée des risques*

Synthèse détaillée des risques



Partie L - Conclusion



La présente étude de dangers a été réalisée dans le cadre du « projet éolien de Saint-Bon » situé sur la commune de Saint-Bon dans le département de la Marne (51) en Région Grand-Est.

Elle a permis de mettre en évidence les dangers que peut présenter l'installation en cas :

- ➔ d'accident d'origine externe c'est-à-dire les risques liés à l'environnement du site du projet) ;
- ➔ d'accident d'origine interne c'est-à-dire les dysfonctionnement des machines ou encore des problèmes techniques.

Le site du projet est situé en-dehors des zones concernées par des risques naturels ou anthropiques majeurs.

Une analyse préliminaire des risques a été réalisée, basée d'une part sur l'accidentologie permettant d'identifier les accidents les plus courants et basée d'autre part sur une identification des scénarii d'accidents.

Cinq catégories de scénarii sont ressortis de l'analyse préliminaire des risques :

- ➔ Projection de pale ou de fragment de pale ;
- ➔ Effondrement de l'éolienne ;
- ➔ Chute d'éléments de l'éolienne ;
- ➔ Chute de glace ;
- ➔ Projection de morceaux de glace.

Pour tous les scénarii, il a été réalisé une analyse croisant le niveau de gravité avec la probabilité afin de déterminer l'acceptabilité des risques selon 3 catégories :

- ➔ « **accidents inacceptables** » susceptibles d'engendrer des dommages sévères à l'intérieur et hors des limites du site ;
- ➔ « **accidents acceptables** » mais pour lesquels des fonctions de sécurité devront être mises en place ;
- ➔ « **accidents acceptables** » qui ne nécessitent pas de mesures de réduction du risque supplémentaire.

Dans le cadre du « parc éolien de Saint-Bon », les scénarii étudiés ont obtenus les niveaux de risques suivants :

- ➔ Projection de pale ou de fragment de pale => **niveau acceptable** ;
- ➔ Effondrement de l'éolienne => **niveau acceptable** ;
- ➔ Chute d'éléments de l'éolienne => **niveau acceptable** mais nécessitant des mesures spécifiques ;
- ➔ Chute de glace => **niveau acceptable** mais nécessitant des mesures spécifiques ;
- ➔ Projection de morceaux de glace => **niveau acceptable**.

Les éoliennes qui seront installées sur le site bénéficieront des dernières technologies permettant de prévenir les dysfonctionnements et de limiter les risques d'incident ou d'accident.

Après une analyse détaillée des risques, selon la méthodologie de la circulaire du 10 mai 2010, il apparaît que tous les scénarii sont acceptables.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

- Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité
- Réduction de l'intensité :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Partie N - Bibliographie



➔ [Site Internet de l'INSEE](#)

➔ [Site Internet Géorisques](#)

➔ [Site Internet Infoclimat](#)

➔ [Base de données en ligne : BDIFF](#)

➔ [Base de données en ligne : ARIA](#)

➔ [Site Internet du Ministère de la Transition écologique et solidaire](#)

➔ [Guide technique - Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens, Mai 2012](#)

Références utilisées dans le guide :

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

➔ [Étude hydrogéologique – Parc éolien d'Escardes.2015. ALIOS pour EDPR](#)

Partie O - Annexes



Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne (Source : Guide technique – Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)

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

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation (partie III.4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) 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.

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

Voies ferroviaires

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

Voies navigables

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

Chemins et voies piétonnes

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

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

Logements

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

Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

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

Zones d'activité

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

Annexe 2 : Tableau de l'accidentologie française (Source : Guide technique – Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)

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)	-
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

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	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
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)

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

Annexe 3 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques (Source : Guide technique – Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)

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.

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 à I07)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

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

Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

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, ...

Annexe 4 : Probabilité d'atteinte et Risque individuel (Source : Guide technique – Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)

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 :

Paccident = PERC x Porientation x Protation x Patteinte x Pprésence

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

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

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

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

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

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	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$ (A)
Chute d'éléments	10^{-3}	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Projection de morceaux de glace	10^{-2}	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$ (E)

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

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

V117-3.45 MW[®]

IEC IB/IEC IIA

Facts & figures

POWER REGULATION Pitch regulated with variable speed

OPERATING DATA
 Rated power 3,450 kW
 Cut-in wind speed 3m/s
 Cut-out wind speed 25m/s
 Re cut-in wind speed 23m/s
 Wind class IEC IB/IEC IIA
 Standard operating temperature range from -20°C to +45°C with de-rating above 30°C

*subject to different temperature options

SOUND POWER
 Maximum 106.8dB(A)**
 **Sound Optimised Modes dependent on site and country

ROTOR
 Rotor diameter 117m
 Swept area 10,751m²
 Air brake full blade feathering with 3 pitch cylinders

ELECTRICAL
 Frequency 50/60Hz
 Converter full scale

GEARBOX
 Type two planetary stages and one helical stage

TOWER
 Hub heights 80m (IEC IB), 91.5m (IEC IB) and 116.5m (IEC IB/IEC IIA/DIBtS)

NACELLE DIMENSIONS
 Height for transport 3.4m
 Height installed (incl. CoolerTop*) 6.9m
 Length 12.8m
 Width 4.2m

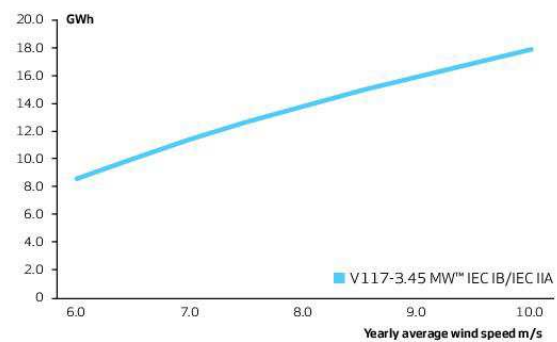
HUB DIMENSIONS
 Max. transport height 3.8m
 Max. transport width 3.8m
 Max. transport length 5.5m

BLADE DIMENSIONS
 Length 57.2m
 Max. chord 4.0m

Max. weight per unit for transportation 70 metric tonnes

- TURBINE OPTIONS**
- High Wind Operation
 - Power Optimised Mode up to 3.6 MW (site specific)
 - Load Optimised Modes down to 3.0 MW
 - Condition Monitoring System
 - Service Personnel Lift
 - Vestas Ice Detection
 - Vestas De-Icing
 - Low Temperature Operation to -30°C
 - Fire Suppression
 - Shadow detection
 - Increased Cut-In
 - Aviation Lights
 - Aviation Markings on the Blades
 - Vestas IntelliLight™

ANNUAL ENERGY PRODUCTION



Assumptions
 One wind turbine, 100% availability, 0% losses, k factor = 2, Standard air density = 1.225, wind speed at hub height.

Annexe 6: Accidentologie française, compléments de 2012 à 2019 (Source: Base de données ARIA)

N° 41628 - 06/02/2012 - FRANCE - 02 - LEHAUCOURT - Électrisation lors de la maintenance d'une éolienne

« Vers 11 h au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). Les 2 victimes descendent par leurs propres moyens. Les pompiers hospitalisent l'employé le plus gravement atteint et s'assurent qu'il n'y a plus de risque dans la nacelle. Le maire s'est rendu sur place. La gendarmerie et l'inspection du travail effectuent des enquêtes. Les victimes portaient leurs EPI lors des faits. Un accident similaire s'était produit en 2009 (ARIA 35814). »

N° 42919 - 18/05/2012 - FRANCE - 28 - FRESNAY-L'ÉVEQUE - Chute d'une pale d'éolienne

« Dans un parc de 26 éoliennes de 2 MW mis en service en 2008, un aérogénérateur est mis à l'arrêt vers 3 h suite à la détection d'une oscillation anormale. L'équipe de maintenance d'astreinte constate à 8 h la chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et la rupture du roulement qui raccordait la pale au hub. Le pied de mat se situe à 190 m de la D389 et à 400 m de l'A10.

L'analyse des relevés des capteurs et des comptes-rendus d'entretien ne révèle aucune anomalie ni signe précurseur (contraintes anormales qui auraient pu endommager le roulement, vibration suspecte avant la rupture, différence d'orientation des pales, défaut d'aspect visuel lors des contrôles...). Des traces de corrosion sont détectées dans les trous d'alésages traversant une des bagues du roulement reliant pale et hub. Selon le fabricant, cette corrosion proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement. L'installation est remise en service fin octobre après remplacement de la pale endommagée et mise en place de nouveaux roulements possédant une protection contre la corrosion.

L'exploitant demande à l'entreprise en charge de la maintenance, et fabricante, des éoliennes du parc de :

- procéder au contrôle visuel des roulements de l'ensemble des éoliennes tous les 3 mois.
- procéder au contrôle acoustique des roulements et de mesurer le niveau de corrosion.
- supprimer la corrosion des alésages à risque.
- contrôler l'absence de fissures résiduelles par courant de Foucault.

Les roulements de toutes les éoliennes du parc sont remplacés au cours de l'été 2018. »

N° 43110 - 30/05/2012 - FRANCE - 11 - PORT-LA-NOUVELLE - Chute d'éolienne

« Un promeneur signale à 7h30 la chute d'une éolienne. Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits. Le site, ouvert au public, est sécurisé. »

N° 43120 - 01/11/2012 - FRANCE - 15 - VIEILLESPESE - Chute d'un élément d'une pale d'éolienne

« Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs de 2,5 MW mis en service en 2011. »

N° 43228 - 05/11/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN - Feu d'éolienne

« Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien ; un voisin donne l'alerte à 17h30. Des projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante. Les pompiers éteignent l'incendie vers 21h30. L'exploitant met en place un balisage de sécurité à l'aube le lendemain. A la suite de la chute d'une pale à 15h20, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place. Le 08/11, la municipalité interdit par arrêté l'accès au chemin menant à l'éolienne.

Le feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne. Un dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation de courants de court-circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante.

Cet accident met en question la fiabilité des dispositifs de protection électrique, les possibilités de suraccident (propagation de l'incendie à la végétation environnante, chute de pale) et des pistes d'amélioration dans la détection et la localisation des incendies d'éoliennes, ainsi que dans la réduction des délais d'intervention. »

N° 43576 - 06/03/2013 - FRANCE - 11 - ROQUETAILLADE - Chute d'une pale d'éolienne

« A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât. L'éolienne est mise en sécurité (2 pales restantes mises en drapeau, blocage du rotor, inspection du moyeu). Un périmètre de sécurité de 30 m est établi au pied de l'éolienne et la municipalité interdit l'accès à la zone. L'accident est déclaré à l'inspection des installations classées 48 h plus tard.

L'une des pales de cette éolienne avait déjà connu un problème de fixation en novembre 2011. 18 boulons de fixation de la pale avaient été retrouvés brisés. Les fixations de cette pale au moyeu avaient été remplacées et le serrage des vis des 2 autres avait été contrôlé en avril 2012. La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut. Le programme d'inspection prévoyait que les vis remplacées en avril 2012 soient inspectées tous les 6 mois.

La chute de la pale résulte de la rupture des vis de la bague extérieure du roulement de pale sachant que plusieurs d'entre elles s'étaient desserrées et ont été retrouvées au sol. Il s'avère que l'inspection tous les 6 mois des vis remplacées en avril 2012 n'avait pas été réalisée durant l'année écoulée avant la chute de la pale en mars 2013.

Le constructeur de l'éolienne prend les dispositions suivantes :

- inspection spécifique de la jonction roulement de pale/moyeu des 3 autres éoliennes de même technologie du parc (constat de 5 boulons cassés sur 1 éolienne et 21 sur une autre);
- reprise du serrage de l'ensemble des vis sur toutes les éoliennes du parc;
- vérification du serrage 1 mois après : constat d'un défaut de couple sur plusieurs vis. »

N° 43630 - 17/03/2013 - FRANCE - 51 - EUVY - Feu d'éolienne

« Des usagers de la N4 signalent vers 15h30 un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieu périlleux éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols. Les maires des communes voisines se sont rendus sur place.

Au moment du départ de feu, le vent soufflait à 11 m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale. La gendarmerie évoque une défaillance électrique après avoir écarté la malveillance. Le parc, mis en service en 2011, avait déjà connu un incendie quelques mois plus tôt selon la presse. Les 18 machines sont inspectées. A la suite de l'accident, l'exploitant et la société chargée de la maintenance étudient la possibilité d'installer des détecteurs de fumées dans les éoliennes. »

N° 43841 - 11/04/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN - Chute d'une pale d'éolienne

« Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place et l'éolienne est mise en sécurité (pales en drapeau). Au moment de l'accident, la vitesse du vent était de 10 à 12 m/s. L'inspection des installations classées a été informée.

L'expertise d'assurance attribue l'accident à un impact de foudre sur l'éolienne. Un an plus tard, celle-ci est toujours arrêtée. »

N° 44150 - 01/07/2013 - FRANCE - 34 - CAMBON-ET-SALVERGUES - Incident sur un accumulateur dans une éolienne

« Au cours d'une opération de maintenance dans le hub d'une éolienne (nez qui sert de local technique), un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient. L'intervention porte sur l'appoint en azote d'un accumulateur sous pression. Cet accumulateur est un cylindre de 10 l comportant deux compartiments : l'un contient de l'huile reliée au circuit hydraulique des pâles de l'éolienne et l'autre de l'azote sous 100 bar de pression. Alors qu'il a terminé l'opération de remplissage du compartiment azote, pour laquelle il a positionné un outillage spécifique sur un raccord de l'accumulateur, le technicien de maintenance dévisse la vanne d'isolement de l'accumulateur, au lieu de l'embout de l'outillage. Une dépressurisation brutale de l'azote se produit, projetant une partie de la vanne au visage de l'opérateur ce qui lui brise le nez et plusieurs dents. L'inhalation du gaz provoque également un décollement de l'œsophage. L'opérateur est aidé par un collègue pour descendre de la nacelle puis hospitalisé. La gendarmerie place l'accumulateur de gaz sous scellé pour expertise.

Le risque que représente le dévissage de cette vanne d'isolement alors que l'accumulateur contient du gaz sous pression a été identifié par le fabricant. La parade de conception mise en œuvre consiste à réaliser sur la visserie de la vanne une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à l'échappement du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total de la vanne et son éventuelle projection.

L'analyse de l'exploitant lui permet de réaliser les constats suivants : le dispositif d'alerte (perforation de la visserie) de l'accumulateur sur lequel s'est produit l'accident était opérationnel cependant la procédure d'intervention ne mentionnait ni l'existence, ni la signification de ce signal d'alerte. L'expertise réalisée sur l'équipement ne fait ressortir aucun constat de dégradation du matériel. Les causes de cet accident semblent donc directement liées des défaillances organisationnelles : la conscience des risques associés aux interventions sur des équipements sous pression, la formation de l'intervenant à sa tâche pression et les procédures opérationnelles n'étaient pas suffisamment robustes.

Suite à cet accident l'exploitant modifie ses procédures de maintenance et renforce la formation des techniciens sur les aspects risques. Pour l'heure, il suspend les opérations de remplissage des accumulateurs dans les hub d'éolienne et fait réaliser cette opération en atelier. Une modification des accumulateurs est également envisagée pour utiliser des modèles avec vanne intégrée. »

N° 44197 - 03/08/2013 - FRANCE - 56 - MOREAC - Déversement d'huile hydraulique dans un parc éolien

« Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m². 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée. »

N° 44831 - 09/01/2014 - FRANCE - 08 - ANTHENY - Feu d'éolienne

« Un feu se déclare vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW. Le parc éolien est isolé électriquement. Un périmètre de sécurité de 300 m est mis en place. Le feu s'éteint de lui-même vers 20 h.

La nacelle est détruite, le rotor est intact. Le balisage aéronautique de la machine étant hors-service, les services de l'aviation civile sont alertés. La presse évoque un incident électrique pour expliquer le départ de feu.

L'éolienne sinistrée est démantelée le 17/06 par basculement à l'explosif. Cette opération nécessite la mise en place d'un périmètre de sécurité de 1 km. »

N° 44870 - 20/01/2014 - FRANCE - 11 - SIGEAN - Arrêt automatique d'éolienne et chute de pale

« Une des éoliennes d'un parc s'arrête automatiquement à 3h09 à la suite d'un défaut "vibration". Sur place à 9h30, les techniciens de maintenance (assurés par le fabricant des éoliennes) retrouvent une pale de 20 m au pied du mât. Les 2 autres pâles sont toujours en place. Un périmètre de sécurité de 100 m est établi autour de l'éolienne. Une société de gardiennage surveille ce périmètre pour éviter l'intrusion de tiers. L'ensemble des machines du parc est mis à l'arrêt pour inspection puis redémarré, à l'exception de l'éolienne endommagée dont la pale doit être remplacée. L'exploitant déclare le sinistre auprès de ses assureurs dans l'après-midi. Le morceau de pale détaché est évacué du site en vue d'une expertise. Lors de l'accident le vent soufflait entre 18 m/s et 22 m/s.

L'expertise identifie la cause directe de la chute de la pale : des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée "alu ring", située à la base de la pale. Cette pièce sert de jonction entre la pale en fibre de verre et le moyeu métallique.

Toutes les éoliennes du parc, sauf une, sont équipées de cette pièce. Avant remise en service du parc (qui avait été mis à l'arrêt suite à l'incident), des contrôles ultrasonores sont réalisés sur l'ensemble des pièces "alu ring". Deux pâles sont maintenues à l'arrêt suite à la découverte d'une fissuration avancée de cette pièce.

L'exploitant remplace, courant 2014, les pâles des éoliennes à l'arrêt par des pièces faisant l'objet d'un nouveau design. Les autres font l'objet d'un contrôle périodique afin de suivre l'évolution des fissures et de pouvoir programmer, le cas échéant, le remplacement ou la réparation des pâles défectueuses. »

N° 45016 - 20/06/2013 - FRANCE - 07 - LABASTIDE-SUR-BESORGUES - Eolienne touchée par la foudre

« Un impact de foudre endommage vers 15h30 une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées. L'éolienne est mise en sécurité et un périmètre de sécurité est établi. La municipalité, l'aviation civile (défaut de balisage), les services de l'électricité et du téléphone, la société en charge de la maintenance et l'inspection des installations classées sont informés.

L'impact enregistré le plus proche de l'éolienne au moment de l'orage est donné avec une intensité de 94 kA. L'exploitant change les 3 pâles et redémarré l'éolienne le 02/08/13. Le fabricant de l'éolienne indique que ce type d'incident est exceptionnel (incurSION d'un arc électrique dans la pale conduisant à une montée en pression de l'air intérieur), aucune dérive fonctionnelle du système parafoudre n'ont été trouvées. »

N° 45960 - 14/11/2014 - FRANCE - 07 - SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE - Chute d'une pale d'éolienne

« La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne. Certains débris sont projetés à 150 m. Les secours établissent un périmètre de sécurité et ferment la voie d'accès. L'exploitant sécurise la pale endommagée et bloque la rotation de la nacelle. L'installation est expertisée et les 8 autres éoliennes du parc sont inspectées. »

N° 46030 - 05/12/2014 - FRANCE - 11 - FITOU - Chute d'une pale d'éolienne

« A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aéofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aéofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments-là sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité la pale endommagée vers le bas.

L'exploitant effectue une inspection visuelle des pâles des 8 autres éoliennes du parc. En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollage sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise. »

N° 46237 - 06/02/2015 - FRANCE - 79 - LUSSERAY - Feu d'éolienne

« Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations. »

N° 46304 - 29/01/2015 - FRANCE - 02 - REMIGNY - Feu d'éolienne

« À 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. À cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. À 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent le feu.

Les dommages matériels sont estimés à 150 k€. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés.

Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie.

L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test. L'exploitant prévoit de tester la qualité de l'isolation de tous les câbles de puissance avant la mise en service. Il prévoit également de réaliser des mesures thermiques sur tous les câbles de puissance à 80 % de leur charge nominale. »

N° 47062 - 24/08/2015 - FRANCE - 28 - SANTILLY - Feu d'éolienne

« Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur. La nacelle étant trop haute pour la grande échelle des pompiers, ces derniers décident de laisser brûler le foyer sous surveillance. Les chemins menant à l'éolienne sont interdits à la circulation. »

N° 47377 - 10/11/2015 - FRANCE - 55 - MENIL-LA-HORGNE - Chute des pales et du rotor d'une éolienne

« Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé. De l'huile s'en écoule mais reste confinée dans la rétention. Le centre de supervision à distance du parc constate la perte de communication avec l'éolienne. Il la découple du réseau. Le lendemain, les agents de maintenance constatent sur place la rupture du rotor. Ils sécurisent la zone. Les 6 autres éoliennes du parc sont mises à l'arrêt. Les débris, disséminés sur 4 000 m², sont ramassés.

Selon l'exploitant, les premières constatations indiqueraient une défaillance de l'arbre lent, qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice. Elle trouverait son origine dans un défaut de fabrication de la pièce. Une non-conformité dans le processus de moulage de cette pièce de fonderie en acier est suspectée. Un défaut métallurgique, de type inclusion de laitier, aurait fragilisé la pièce et conduit à sa rupture par fatigue. Les contrôles réalisés sur les autres éoliennes du parc ont mis en évidence que ce type de défaut était présent sur un des autres arbres lents, au même niveau que celui accidenté.

Au total 54 éoliennes du même modèle sont installées en France. Les services du ministère du développement durable demandent au fabricant d'établir un programme de contrôle adapté. A la suite des contrôles effectués sur les autres arbres lents du même parc d'éolienne, 2 d'entre eux sont remplacés. »

N° 47675 - 07/02/2016 - FRANCE - 11 - CONILHAC-CORBIERES - Rupture de l'aérofrein d'une pale d'éolienne

« Vers 11h30, l'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol. L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien à distance. Les secours sécurisent les lieux. Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérofrein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu. Une campagne de contrôle des pales, aérofreins et de la chaîne de sécurité de chaque éolienne est réalisée.

L'exploitant évalue les dommages matériels à 130k€ et une perte d'exploitation de 70k€. »

N° 47680 - 08/02/2016 - FRANCE - 29 - DINEAULT - Le vent endommage une éolienne

« Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne. Une pale chute au sol et une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat. Dans les 2 cas, les manchons des pales sont restés arrimés au moyeu. L'exploitant met en sécurité les 4 éoliennes du parc. Les secours établissent un périmètre de sécurité de 350 m. L'éolienne, de 29 m de hauteur, datait de 1999 (puissance unitaire de 300 kW). »

N° 47763 - 07/03/2016 - FRANCE - 22 - CALANHEL - Chute d'une pale d'éolienne

« Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Un intervenant se rend sur place et constate les dégâts. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Il balise la zone pour prévenir des chutes possibles d'éléments du rotor. Huit autres turbines du parc sont mises à l'arrêt. Les 2 dernières, ayant fait l'objet d'une révision intégrale récente, sont maintenues en fonctionnement.

Le lendemain, le site est sécurisé. La pale est déplacée, en dehors de la zone de culture. Les gros débris composés de matériaux composites et d'éléments mécaniques métalliques, projetés sur 50 m, sont regroupés pour expertise. La totalité des 54 billes de roulement est récupérée. Les débris de petite taille ne pouvant être retirés intégralement, les exploitants des parcelles agricoles concernées sont informés. La zone d'entreposage est balisée.

A l'origine, une rupture du système d'orientation

L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale. L'éolienne avait fait l'objet d'une maintenance complète en septembre 2015. Son roulement ne présentait pas d'usure anormale. Cependant, une série d'alarmes était survenue le matin de l'événement. Une panne sur un groupe hydraulique avait nécessité l'intervention des équipes de maintenance. Après réparation, l'éolienne avait été redémarrée vers 14 h.

L'exploitant prend les mesures immédiates suivantes :

- démantèlement de l'éolienne impactée ;
- réalisation d'un protocole de contrôle, par le fabricant, du roulement et de la boulonnerie de toutes les pales avant redémarrage des unités arrêtées ;
- inhibition du réarmement automatique de la turbine sur apparition d'une alarme de dysfonctionnement du système d'orientation des pales ;
- limitation de la puissance produite à 650 kW (au lieu de 800 kW) pour une période d'observation de 7 jours. »

N° 48264 - 28/05/2016 - FRANCE - 28 - JANVILLE - Fuite d'huile dans une éolienne

« À 15h15, un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Il arrête celle-ci et contacte l'équipe de maintenance. Arrivés à 17 h, les agents mettent en place des absorbants. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol. La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite. L'installation est réparée 2 jours plus tard. L'exploitant effectue une campagne de remplacement des raccords identiques du parc. »

N° 48426 - 10/08/2016 - FRANCE - 80 - HESCAMPS - Feu dans une éolienne

« Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Il redescend seul les 70 m de l'échelle intérieure de l'éolienne. Il est légèrement intoxiqué par les fumées. Les pompiers contrôlent l'extinction complète et procèdent à la ventilation. Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu. »

N° 48471 - 18/08/2016 - FRANCE - 60 - DARGIES - Feu dans une éolienne

« Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'aérogénérateur, à 80 m de haut. Des pompiers spécialisés dans les interventions en milieux périlleux effectuent une reconnaissance en partie haute de la machine. Ils ouvrent une trappe de ventilation. Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ. »

N° 48588 - 14/09/2016 - FRANCE - 10 - LES GRANDES-CHAPELLES - Électrisation d'un employé dans une éolienne

« Vers 15 h, un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne. Les pompiers spécialisés dans les interventions en hauteur évacuent la victime consciente. »

N° 49104 - 12/01/2017 - FRANCE - 11 - TUCHAN - Rupture des pales d'une éolienne

« Vers 4 h, au cours d'un épisode de vents violents, les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. L'exploitant collecte les morceaux de fibre de carbone répartis autour du mat de 40 m de l'éolienne. Des impacts sur le mat sont visibles. Il met en place des barrières et un gardiennage pour en sécuriser l'accès.

L'éolienne, de 600 kW mise en service en 2002, était à l'arrêt pour maintenance suite à la casse totale de son arbre lent quelques jours auparavant. Cette rupture a eu pour conséquence le désaccouplement du rotor avec le multiplicateur, donc de rendre inopérant le frein mécanique. Bien que mise en position de sécurité (parallèle au vent et aérofrein des pales activé), les vents à 25 m/s ont provoqué la rupture des pales à cause d'une vitesse de rotation excessive.

Après expertise, l'exploitant conclut que la cause la plus probable de la casse de l'arbre lent est un endommagement du roulement avant sur lequel l'arbre est posé. Cette défaillance aurait induite une contrainte importante en flexion sur la partie arrière, à l'entrée dans le multiplicateur, provoquant sa rupture. Aucune faiblesse n'est identifiée dans la structure de la matière de l'arbre. Les contrôles réalisés sur les autres installations de son parc ne détectent pas d'anomalie.

Afin d'éviter le renouvellement de cet incident, l'exploitant prévoit d'équiper tous ses aérogénérateurs d'un capteur inductif de présence. Couplé au système de contrôle/commande de l'éolienne, ceci permettrait de mettre l'éolienne en sécurité dès que le roulement avant viendrait à s'affaisser de plus de 1 mm. Dans pareil cas, un contrôle visuel et fonctionnel de l'ensemble roulement/arbre lent serait engagé. De plus, un contrôle vibratoire de la chaîne d'entraînement est planifié à intervalles réguliers afin de détecter un éventuel défaut d'alignement ou une contrainte particulière.

L'éolienne accidentée est remise en service après réparation de son mât et remplacement des pièces endommagées (pales, multiplicateur, arbre lent). »

N° 49151 - 18/01/2017 - FRANCE - 80 - NURLU - Chute d'une pale d'une éolienne

« Un particulier constate qu'une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. Il informe l'exploitant qui arrête toutes les machines du parc en activité. Arrivés sur site à 11h30, des agents demandent la mise en sécurité de l'éolienne et mettent en place un périmètre de sécurité autour de la zone.

Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute.

Sur place le lendemain, l'inspection des installations classées constate que les 2/3 de la pale sont brisés, mais que son armature est toujours en place. L'essentiel des débris se situe à moins de 90 m du mât. Les débris les plus lourds sont à moins de 27 m. »

N° 49359 - 27/02/2017 - FRANCE - 55 - LAVALLEE - Rupture d'une pale d'éolienne

« Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne. L'ensemble du parc éolien, qui compte 4 éoliennes de 2 MW et 80 m de haut, est mis à l'arrêt. Les débris sont ramassés et traités par une société spécialisée, pour expertise.

Un orage violent s'est abattu sur la zone de 18 h à 18h30. À 18h07, l'alarme "vent fort" de l'éolienne voisine s'est déclenchée. L'alarme "capteur de vibration" de l'éolienne endommagée s'est déclenchée à la même heure. À 18h10, le réseau électrique a été coupé, provoquant la perte de liaison avec le parc éolien. L'exploitant a découvert la casse le lendemain en se rendant sur place pour remettre le parc en service. Le parc avait été mis en service en février 2011.

Le fabricant de l'éolienne réalise l'expertise de la pale. Ses vérifications lui permettent d'exclure un défaut de fabrication et de confirmer le respect des spécifications. L'hypothèse d'un impact de foudre est également écartée : aucune trace d'impact n'est retrouvé. Une rafale de vent extrême ayant été mesurée dans les secondes précédant la rupture, cette origine est privilégiée pour expliquer la casse de la pale. Le contrôle de 2 autres éoliennes du parc ne révèlent pas de défaut. »

N° 49374 - 27/02/2017 - FRANCE - 79 - TRAYES - Chute d'un élément d'une pale d'éolienne

« Vers 22 h, le système d'exploitation d'un parc éolien émet des alarmes portant sur l'éolienne n°4 : mise à l'arrêt de l'éolienne et incohérence entre les vitesses de rotation du rotor et de l'arbre de la génératrice électrique. Le lendemain matin, l'exploitant constate sur place que les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m. L'exploitant place les 4 éoliennes du parc en position de sécurité et initie des expertises. Il collecte les débris et sécurise le site.

L'exploitant envisage qu'un défaut au niveau du bord d'attaque de la pale puisse être la cause du bris de pale. Il écarte les possibilités d'un impact de foudre, ou de fortes rafales de vent. La pale accidentée est remplacée. L'éolienne redémarre le 11/10/17.

L'expertise du fabricant conclut à un défaut de fabrication. Par erreur, les couches de tissu du bord d'attaque ont été coupées, manuellement, niveau de la ligne de jonction des 2 coques lors des opérations de ponçage des excès de colle après démoulage de la pale. Dans cette zone, les coques n'étaient maintenues entre elles que par le mastic et la peinture de finition.

À l'issue des contrôles sur les 4 autres éoliennes du parc, 2 d'entre elles sont remises en service. Des défauts sont découverts sur les 2 autres :

les plans de collages entre la poutre structurelle interne (le spar) et les demi-coques aérodynamiques (blade shells) présentent par endroits d'importantes zones de décohésion ;

des fissurations, portant atteinte aux structures des coques aérodynamiques et des plans de collages des bords d'attaque et bords de fuite des pales, sont présentes ;

des collecteurs de foudre (diverter strip) sont manquants ou endommagés à la pointe de certaines pales.

L'exploitant s'engage à réaliser les réparations nécessaires avant la remise en service de ces 2 éoliennes. »

N° 49413 - 11/01/2017 - FRANCE - 59 - LE QUESNOY - Fissure sur une pale d'éolienne

« Une fissure de 6,5 m de long est constatée sur une pale d'une éolienne. L'exploitant arrête l'installation. Le constructeur de l'éolienne expertise la pale. Le dommage est situé sur l'habillage de la pale et n'affecte pas la partie structurelle. Selon le constructeur, ce défaut est réparable et ne nécessite pas le remplacement de l'intégralité de la pale. Si les conditions climatiques le permettent, une intervention sans dépose de la pale sera privilégiée. Selon le constructeur, le défaut est un cas isolé et ne présente pas de caractère générique. »

N° 49746 - 06/06/2017 - FRANCE - 28 - ALLONNES - Feu dans la nacelle d'une éolienne

« Vers 18 h, un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant met en sécurité les 17 machines du parc éolien. Les secours coupent la circulation sur la N154. L'incendie s'éteint seul, à la fin de la combustion de la nacelle, vers 19h30. La nacelle et le rotor sont totalement calcinés. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés par l'incendie. Des éléments sont tombés au sol. L'exploitant met en place un gardiennage.

Le lendemain, l'inspection des installations classées se rend sur les lieux. Des coulures d'hydrocarbures sont constatées sur le mât. Les dégâts sont de nature à compromettre la stabilité mécanique du mât, de la nacelle, des pales et du rotor de l'éolienne. En première hypothèse, l'exploitant indique qu'un défaut des condensateurs du boîtier électrique, situé dans la nacelle, pourrait être à l'origine du sinistre. Il exclut la piste d'un impact de foudre. Un arrêté préfectoral d'urgence demande à l'exploitant :

la mise en sécurité de l'éolienne avec démontage des éléments risquant de chuter et matérialisation d'un périmètre de sécurité de 300 m ;

une surveillance de l'environnement avec analyse de la pollution des sols et évacuations des déchets.

L'éolienne est démantelée le 17/06. »

N° 49768 - 08/06/2017 - FRANCE - 16 - AUSSAC-VADALLE - Chute de pale d'éolienne due à la foudre

« Durant la nuit lors d'un orage, une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol. Le lendemain matin, l'exploitant arrête les 4 éoliennes de son parc. Il collecte les débris tombés dans une zone de 50 à 100 m du mât et met en place un balisage. Il avertit l'exploitant agricole propriétaire du champ où est installée l'éolienne.

L'expertise réalisée par le fabricant de la pale conclut qu'un impact de foudre est à l'origine de sa rupture. Survenu à 35 cm de l'extrémité, il a entraîné la rupture du bord de fuite, puis une déchirure du fragment. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut. »

N° 49902 - 24/06/2017 - FRANCE - 62 - CONCHY-SUR-CANCHE - Chute d'une pale d'éolienne

« Vers 23h30, une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien. La pale chute à la verticale, au pied du mat. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m. L'exploitant arrête

l'installation ainsi que les 4 autres aérogénérateurs du site, du même modèle. Il met en place un périmètre de sécurité et condamne l'accès au site.

Le vent était faible au moment de l'événement. »

N° 50148 - 05/08/2017 - FRANCE - 02 - PRIEZ - Bris d'une pale d'éolienne

« Vers 3 h une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés par l'exploitant au pied du mât le matin. Il en sécurise l'accès et fait surveiller la zone. L'inspection des installations classées demande la mise à l'arrêt de tous les aérogénérateurs du parc dans l'attente de la compréhension de l'événement. »

N° 50291 - 17/07/2017 - FRANCE - 76 - FECAMP - Chute d'un aérofrein d'une éolienne

« Vers 23h30, un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne dans un parc éolien. Le lendemain matin, un agent de maintenance découvre l'équipement au pied du mât de 49 m. La clôture du site est endommagée. L'éolienne est arrêtée. Un arrêt pour maintenance étant programmé 6 jours après, les autres aérogénérateurs du site sont maintenus en fonctionnement. Durant cet arrêt, les mécanismes d'aérofreins et les pales de toutes les machines sont inspectées. L'aérofrein défectueux est remplacé. L'installation redémarre le 16/08/17.

L'exploitant conclut que le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine. Il étudie l'opportunité d'augmenter la fréquence d'inspection des mécanismes de fixation des aérofreins ou leur modification, notamment pour fiabiliser l'action de la vis anti-rotation. »

N° 50694 - 08/11/2017 - FRANCE - 27 - ROMAN - Chute du carénage d'une éolienne

« En fin d'après-midi, le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol dans un parc éolien. Cette pièce, en matériaux composites, mesure 2 m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg. Elle supporte une armoire électrique. Les agents de maintenance, avertis par une alarme "arrêt automatique turbine" à 17h30, se rendent sur place le lendemain matin. Ils sécurisent l'accès à la zone et préviennent l'exploitant agricole de la parcelle. L'ensemble du parc éolien est mis à l'arrêt.

L'exploitant conclut que la chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages. La procédure n'aurait pas été respectée lors du montage des turbines. La tête de chaque boulon doit reposer sur 2 rondelles (l'une en vinyle, l'autre métallique) permettant de répartir les efforts. Il s'avère que les rondelles métalliques étaient absentes. Les contraintes étaient donc mal réparties et la fibre de verre s'est arrachée autour des rondelles vinyles.

L'exploitant procède au contrôle des carénages des autres aérogénérateurs du parc. Aucun défaut n'est découvert. Il intègre la vérification des boulonnages de fixation du carénage à son plan d'inspection hebdomadaire. L'exploitation du parc éolien reprend le lundi 13. Le carénage accidenté est remplacé. »

N° 50694 - 08/11/2017 - FRANCE - 27 - ROMAN - Chute du carénage d'une éolienne

« En fin d'après-midi, le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol dans un parc éolien. Cette pièce, en matériaux composites, mesure 2 m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg. Elle supporte une armoire électrique. Les agents de maintenance, avertis par une alarme "arrêt automatique turbine" à 17h30, se rendent sur place le lendemain matin. Ils sécurisent l'accès à la zone et préviennent l'exploitant agricole de la parcelle. L'ensemble du parc éolien est mis à l'arrêt.

L'exploitant conclut que la chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages. La procédure n'aurait pas été respectée lors du montage des turbines. La tête de chaque boulon doit reposer sur 2 rondelles (l'une en vinyle, l'autre métallique) permettant de répartir les efforts. Il s'avère que les rondelles métalliques étaient absentes. Les contraintes étaient donc mal réparties et la fibre de verre s'est arrachée autour des rondelles vinyles.

L'exploitant procède au contrôle des carénages des autres aérogénérateurs du parc. Aucun défaut n'est découvert. Il intègre la vérification des boulonnages de fixation du carénage à son plan d'inspection hebdomadaire. L'exploitation du parc éolien reprend le lundi 13. Le carénage accidenté est remplacé. »

N° 50905 - 04/01/2018 - FRANCE - 55 - NIXEVILLE-BLERCOURT - Chute d'une pale d'éolienne

« Dans un parc éolien, l'extrémité d'une pale d'une éolienne de 2 MW se rompt lors d'un épisode venteux. Un morceau de 20 m chute au sol. L'exploitant sécurise la zone. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. Un gardiennage est mis en place 24 h/24 »

N° 50913 - 01/01/2018 - FRANCE - 85 - BOUIN - Chute d'une éolienne lors d'une tempête

« En début de matinée lors d'une tempête, le mât d'une éolienne de 60 m de haut se brise en 2. Les 55 m supérieurs de l'éolienne chutent au sol. Des débris s'éparpillent sur une surface assez importante. Le rotor est enfoncé dans le sol. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. L'exploitant arrête les 7 autres éoliennes du parc et met en place un gardiennage.

L'exploitant réalise une expertise de l'éolienne mise en service en 2003, conjointement avec son fabricant. 3 jours avant l'accident, alors que le vent souffle à plus de 40 m/s, le contrôle de l'orientation des 3 pales de l'éolienne est perdu. Le système de contrôle des pales stoppe automatiquement la turbine. Les conditions météorologiques ne permettant pas d'intervention directe sur l'aérogénérateur, la situation est diagnostiquée à distance. À la suite d'une erreur d'interprétation des données, un opérateur place l'éolienne dans une position qui entraîne une augmentation rapide de la vitesse du rotor, dépassant la limite de sécurité. Les dispositifs de protection contre la survitesse s'activent, mais la machine ne s'arrête pas à cause d'une usure anormale des blocs de frein du système d'orientation des pales. Les charges mécaniques exercées sur le mât excèdent alors largement les limites de conception de l'éolienne, qui s'effondre. Les investigations de l'exploitant lui permettent de découvrir que le protocole des inspections de maintenance ne couvrait pas la liaison mécanique entre le moteur et les freins. L'usure de cet équipement n'a pas été détectée lors des contrôles annuels.

Les autres éoliennes du site redémarrent après des vérifications spécifiques et le remplacement de leurs blocs de frein du système d'orientation des pales. L'exploitant :

- révisé la procédure d'intervention en cas de défaillance du système d'orientation des pales et y forme ses agents ;
- met à jour les instructions de maintenance de ce système : le remplacement de tout ou partie des blocs de frein est planifié tous les 5 ans ;
- met en place un outil spécifique pour le diagnostic d'une défaillance potentielle des blocs de frein qui compare la position effective des pales à la consigne ;
- adresse une note de sécurité aux exploitants des parcs équipés du même type d'éolienne. »

N° 51122 - 06/02/2018 - FRANCE - 11 - CONILHAC-CORBIERES - Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne

« Vers 11h30, l'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol dans un parc éolien. L'équipe technique présente sur site arrête l'aérogénérateur. La zone est sécurisée, les débris ramassés.

À la suite d'un défaut sur l'électronique de puissance, l'éolienne est passée en arrêt automatique par sollicitation du freinage aérodynamique. Lors de l'ouverture de l'aérofrein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute.

Un accident similaire est survenu sur ce parc 2 ans auparavant (ARIA 47675). »

N° 51675 - 01/06/2018 - FRANCE - 26 - MARSANNE - Incendies criminels dans un parc éolien

« Vers 2h30, un feu se déclare au pied d'une éolienne dans un parc composé de 8 aérogénérateurs. L'incendie se propage jusqu'à sa nacelle. Les pompiers placent des lances en prévention de l'extension du sinistre à la végétation car des morceaux incandescents chutent au sol. Ils maîtrisent l'incendie. La nacelle est entièrement brûlée ainsi que la base des pales mais celles-ci restent en place. Une deuxième éolienne fait également l'objet d'un départ de feu, mais celui-ci est resté confiné à sa base. Des barrières sont posées sur les accès et un gardiennage est effectué.

La gendarmerie conclut que l'origine de l'événement est criminelle : les portes d'accès aux éoliennes impliquées ont été fracturées et du combustible est découvert. L'exploitant estime les dégâts à 2 M€. »

N° 51681 - 05/06/2018 - FRANCE - 34 - AUMELAS - Incendie d'éolienne

« Un feu se déclare vers 18h45 dans la nacelle d'une éolienne de 70 m de haut. 10 minutes plus tard, l'exploitant découple à distance le parc éolien du réseau électrique. Des éléments de l'éolienne en feu chutent au sol. Les flammes se

propagent en partie basse de l'aérogénérateur. Les pompiers laissent l'incendie se terminer sous surveillance, mais placent des lances en prévention d'une propagation du sinistre à la végétation. La nacelle de l'aérogénérateur est presque totalement détruite. La végétation est brûlée sur 50m². L'accès à la zone est interdit et surveillé. Les débris sont ramassés.

Selon la presse, un dysfonctionnement électrique serait à l'origine de l'incendie. »

N° 51853 - 04/07/2018 - FRANCE - 11 - PORT-LA-NOUVELLE - Chute des extrémités de 2 pales d'une éolienne

« Vers 18 h, une avarie est constatée sur 2 des pales d'une éolienne : leurs extrémités se sont disloquées. Des éléments sont projetés à 150 m du mât après s'être décrochées. L'exploitant met en place un périmètre de sécurité. L'aérogénérateur est mis en position de sécurité. Un gardiennage permanent est mis en œuvre, pendant 4 jours, le temps d'évacuer tous les débris.

L'inspection des installations classées se rend sur place 2 jours après et demande à l'exploitant de :

- nettoyer la zone pour évacuer l'ensemble des débris et les remettre à une filière agréée ;
- maintenir un gardiennage jusqu'à la mise en place d'un balisage renforcé autour de l'éolienne ;
- maintenir le parc éolien à l'arrêt jusqu'aux résultats des investigations menées pour connaître l'origine de l'incident et la mise en œuvre d'actions préventives / correctives préconisées sur les 4 autres éoliennes du parc. »

N° 52498 - 17/10/2018 - FRANCE - 80 - FLERS-SUR-NOYE - Fuite d'huile hydraulique sur une éolienne

« Vers midi, un technicien de maintenance détecte une fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. L'aérogénérateur est arrêté. 150 l d'huiles sont récupérés. L'exploitant du parc éolien estime que 50 l ont été perdus. Sous l'effet du vent, la zone impactée au pied de l'éolienne, ainsi que des terrains cultivés adjacents, est de 2 000 m². Une partie des cultures est perdue. Les terres polluées sont décapées sur une dizaine de cm. Elles sont stockées sur une bâche étanche avant leur retraitement. De la terre végétale est mise en œuvre pour permettre la reprise de l'activité agricole. Un contrôle des prochaines récoltes est planifié.

La mauvaise réalisation d'une activité de maintenance annuelle préventive, la veille de l'événement, en est à l'origine. Selon le prestataire en charge de l'opération, un premier technicien n'a pas suffisamment serré le nouveau filtre hydraulique qu'il venait de mettre en place sur le circuit du multiplicateur de vitesse. Le contrôle de cette opération, prévu par un second technicien, n'a pas été effectué. Un superviseur du prestataire intervient sur le site afin de suivre la qualité du travail et de réaliser la formation des techniciens. »

N° 52558 - 06/11/2018 - FRANCE - 45 - GUIGNEVILLE - Effondrement d'une éolienne

« Vers 6 h, une éolienne, de 140 m de haut en bout de pale, s'effondre dans un parc éolien composé de 2 aérogénérateurs (3 MW). Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête l'autre éolienne ainsi que les éoliennes de même type dans 4 autres parcs. Un balisage et une surveillance sont mis en place. L'inspection des installations classées constate sur site que le mat s'est arraché de sa base en béton. Les filetages des boulons de fixation du mât sont arasés et les écrous sont arrachés. Des fissures circulaires sont présentes au niveau de la base en béton. Un arrêt de mesures d'urgence est signé par le préfet.

Le rapport d'analyse par l'exploitant est tierce expertisé. Il est conclu qu'une survitesse de rotation des pales de l'éolienne a conduit à une surcharge de contraintes sur la structure, provoquant son effondrement. Cet emballement est consécutif au déclenchement d'un arrêt d'urgence alors que l'alimentation de secours (par batterie) des 3 pales était en défaut, sachant que le passage d'une seule pale en position d'arrêt aurait permis d'arrêter l'éolienne. Les causes de la défaillance simultanée des alimentations électriques des 3 pales de l'éolienne relèvent de :

- la conception de l'éolienne :
- chaque pale est alimentée par 24 batteries montées en série : la défaillance d'une seule met en défaut l'alimentation électrique de l'arrêt d'urgence de la pale. Des batteries étaient déconnectées (circuit ouvert) sur chacune des pales ;
- le déclenchement de l'arrêt d'urgence désactive la boucle de régulation du système d'orientation des pales, rendant indisponible le contrôle de la vitesse de l'éolienne ;
- la fiabilité des batteries : leur durée de vie est inférieure à celle annoncée par le fournisseur et donc la plupart des batteries étaient en défaut au moment du déclenchement de l'arrêt d'urgence ;

- le paramétrage et la gestion des alarmes : tentatives de redémarrage automatique toutes les 5 minutes après un arrêt sur alarme. La détection des tensions basses n'a été effective que sur une pale sur trois ;

- la gestion de la maintenance et de l'usure des batteries : les procédures n'ont pas été appliquées de manière correcte et les multiples alarmes sur l'aérogénérateur impliqué n'ont pas donné lieu à une analyse particulière des batteries.

L'exploitant s'engage à prendre les mesures suivantes avant redémarrage de ses installations :

- remplacement des batteries par des batteries neuves et étude du fonctionnement et de la durée de vie des batteries avant une période d'utilisation d'un an;

- installation de diodes de by-pass sur les batteries afin de palier un ou plusieurs défauts sur un rack ;

- modification de la procédure de redémarrage automatique après une alarme sur le système d'orientation des pales. Cette modification impose le passage d'un technicien sur site afin de vérifier si l'éolienne peut être remise en service ;

- vérification mensuelle de l'arrêt d'urgence par test sur site des arrêts normaux et d'urgence des 3 pales. »

N° 52638 - 19/11/2018 - FRANCE - 02 - OLLEZY - Chute d'une pale d'éolienne

« À 11h30, un agent de surveillance d'un parc éolien constate la rupture d'une pale d'une éolienne. Des 40 m de l'équipement, les 30 derniers sont tombés au sol. L'exploitant arrête les 9 aérogénérateurs du site. Les communes environnantes sont prévenues. La zone est sécurisée et un balisage du pied de la turbine et de la pale au sol est mis en place. Le site est placé sous surveillance.

Les 8 autres éoliennes du parc, mis en exploitation l'année précédente, redémarrent un mois et demi plus tard. »

N° 52641 - 28/09/2018 - FRANCE - 81 - SAUVETERRE - Incendie d'éolienne propagé à la végétation

« Vers 2h, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne dans un parc éolien. Un riverain donne l'alerte. L'exploitant arrête les 4 aérogénérateurs du site. Les pompiers rencontrent des difficultés d'accès à la zone sinistrée. Des éléments enflammés chutent au sol. L'incendie se propage à la végétation voisine. Les pompiers maîtrisent le sinistre à 6h30. Ils maintiennent une surveillance en raison des risques de reprise de feu. L'exploitant met en place un balisage et un gardiennage de la zone.

La nacelle, les pales et des armoires de commande en pied de mât sont détruits. La machine est démantelée début novembre. L'incendie impacte également 2,5 ha de végétation, essentiellement une plantation de résineux, qui ont brûlé.

La présence de 2 foyers et de traces d'effraction sur la porte d'accès amènent les secours à conclure à un acte de malveillance. »

N° 52653 - 18/11/2018 - FRANCE - 11 - CONILHAC-CORBIERES - Chute de 3 aérofreins dans un parc éolien

« Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât. L'équipe technique constate l'incident en se rendant sur site le lendemain en raison de l'arrêt de l'aérogénérateur. L'installation est mise en sécurité. Les débris, contenus dans un rayon de 150 m au pied du mât, sont ramassés et stockés avant traitement et recyclage en filaire agréée.

L'éolienne s'est arrêtée à la suite de l'ouverture de la chaîne de sécurité. La rupture des parties en fibre de verre ainsi que de l'axe en carbone de fixation de l'aérofrein est constatée.

Un accident similaire est survenu sur ce parc au début 2018 (ARIA 51122). »

N° 52838 - 03/01/2019 - FRANCE - 44 - LA LIMOUZINIÈRE - Incendie sur une éolienne

« Vers minuit, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne de 78 m de haut. Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête les 4 autres éoliennes du parc à 2h05. De nombreux débris enflammés tombent au sol. Un feu se déclare au pied de l'aérogénérateur. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 150 m. Ils quittent le site à l'arrivée de la société de maintenance vers 3h35 puis de l'exploitant vers 5h15. Un kit anti-pollution est mis en place par l'exploitant afin de contenir les coulures d'huile le long du mât. Ces huiles s'enflamment au niveau du sol. L'exploitant parvient à éteindre le départ de feu à l'aide de l'extincteur située dans son véhicule. La nacelle de l'éolienne est détruite ainsi que la base des 3 pales. Une incertitude majeure plane sur leur tenue mécanique. Des traces d'huile hydraulique sont présentes jusqu'à 100 m du pied du mât.

L'exploitant met en place un balisage et un gardiennage. Le périmètre de sécurité est porté à 200 m. L'exploitant envisage de démanteler la machine mais l'opération s'avère compliquée en raison du risque de chute d'éléments. Début février, l'essentiel des déchets de fibre de verre sont ramassés.

Selon les premiers éléments de l'enquête, une avarie sur la génératrice de l'éolienne semble à l'origine de l'incendie. Celle-ci avait été bridée à 50 % de sa puissance depuis une quinzaine de jours à la suite de la détection d'une usure de roulement par le système de surveillance vibratoire. Une intervention de maintenance, effectuée le 28/12, avait mis fin à ces vibrations caractéristiques d'un défaut de roulement. Cependant, des signes de délignage avaient fait leur apparition. Selon l'exploitant, l'analyse du système de surveillance mettrait en évidence un phénomène harmonique à la fréquence de rotation de la génératrice. »

N° 52967 - 17/01/2019 - FRANCE - 57 – BAMBIDERSTROFF - Chute d'un bout de pale d'éolienne

« Vers 15 h dans un parc éolien, une pale d'éolienne se rompt. Deux morceaux, l'un de 5 m (coque) et l'autre de 28 m (fibre de verre), chutent au sol. Celui de 28 m est projeté à 100 m de l'éolienne. L'exploitant arrête les 5 autres aérogénérateurs du parc à 15h17. Il met en place un périmètre de sécurité et ramasse la totalité des débris.

Selon les premiers éléments d'analyse, un défaut d'adhérence dû à un manque de matière entre la coque en fibre de verre et le cœur de la pale serait à l'origine de cette rupture.

Selon le constructeur, cette désolidarisation d'un bout de pale serait survenue pour la première fois en 12 ans d'exploitation. Le constructeur identifie sur les parcs éoliens en France, 84 pales fabriquées selon les mêmes spécifications que celle qui s'est désolidarisée. Il informe les exploitants de ces parcs éoliens afin que soient menées des inspections supplémentaires permettant de contrôler la suffisance de la quantité et de la distribution de colle entre la coquille inférieure et le reste de la structure des pales. »

N° 52993 - 20/01/2019 - FRANCE - 26 – ROUSSAS - Incendies criminels dans un parc éolien

« Dans la nuit, un feu se déclare sur 2 éoliennes d'un parc composé de 12 aérogénérateurs. Les éoliennes sont lourdement endommagées.

D'après la presse, il s'agit d'un acte criminel. Un accident similaire était survenu en juin 2018, dans un parc éolien proche appartenant au même exploitant (ARIA 51675). »

N° 53010 - 23/01/2019 - FRANCE - 60 – BOUTAVENT - Rupture du mât d'une éolienne

« Vers 14h40, le mât de 66 m d'une éolienne se plie en 2 en son milieu. Des débris sont projetés dans un rayon de 300 m. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 500 m. Une coupure de courant impacte vers 13h30 le parc éolien comptant 2 aérogénérateurs. Les pales de l'éolienne accidentée ne se sont pas mises en drapeau et sont restées en position de production, alors que le générateur était à l'arrêt. La machine est entrée en survitesse jusqu'à la dislocation d'une pale. Le balourd en résultant aurait conduit au pliage du mât. Le fabricant met les 21 autres éoliennes du même modèle à l'arrêt.

Selon l'exploitant, l'absence de passage en position de sécurité des pales est due à une chute de tension au niveau des batteries pilotant la rotation des pales en cas de coupure de l'alimentation électrique. Il effectue des tests sur toutes les batteries des éoliennes du même constructeur et effectue les remplacements nécessaires. Il modifie également son plan de maintenance : tous les 2 ans, une des 3 pales sera équipée de batteries neuves. Il fixe l'âge maximal d'une batterie en exploitation à 6 ans. »

N° 53139 - 30/01/2019 - FRANCE - 11 – ROQUETAILLADE - Chute d'une pale d'éolienne

« Vers 13 h, une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol. Plusieurs vis provenant du moyeu à roulement de la pale sont retrouvées au sol. Un périmètre de sécurité est mis en place autour de l'éolienne. L'exploitant arrête les 6 autres éoliennes de même technologie du parc. A la demande de l'inspection des installations classées, les 22 autres éoliennes du parc sont arrêtées 5 jours plus tard. Un arrêté préfectoral d'urgence soumet leur redémarrage à l'accord de l'inspection des installations classées.

L'exploitant ne constate pas de dommage structurel sur le reste de l'éolienne. Le mat est intact, ainsi que les fondations. Certaines des vis retrouvées au sol présentent des ruptures franches, des éléments distinctifs de fatigue et des traces de corrosion. Cette corrosion pourrait avoir été engendrée par une précharge insuffisante lors du serrage.

Le parc éolien a connu une série d'événements similaires affectant 4 éoliennes de technologies différentes de celle objet du résumé :

2011 : des vis de fixation entre la bague extérieure du roulement et le moyeu sont retrouvées au sol. L'éolienne est mise à l'arrêt durant 4 mois pour procéder au remplacement du roulement de pale et des vis;

2013 (ARIA 43576) : chute d'une pale et constat de la rupture des vis de la bague extérieure du roulement de pale et desserrage de plusieurs vis ;

2015 (ARIA 53862) : chute d'une pale d'une éolienne. A la suite de l'accident de 2013, toutes les vis incriminées avaient été changées. Cependant, lors d'un contrôle de serrage après un mois de fonctionnement avec ces mêmes vis, il avait été noté une faible tension de serrage des vis. Une fatigue a pu être initiée et conduire à la rupture 2 ans plus tard. Toutes les vis des éoliennes du parc de même technologie sont alors remplacées par des vis monitorées permettant un suivi trimestriel du serrage par ultrason.

Au regard de cet historique l'exploitant met en oeuvre le plan d'action suivant :

- réalisation d'une campagne de contrôle visuel des marquages de l'ensemble des vis de chaque pale des 6 éoliennes de même modèle que celle dont la pale a chuté en 2019, afin d'identifier rapidement d'éventuel défaut de serrage sur les autres pâles;

- réalisation d'une expertise métallurgique des vis de l'éolienne sinistrée;

- remplacement total et à neuf de l'ensemble des vis de chaque pale des 6 éoliennes;

- modification de la périodicité du contrôle de serrage à 3 mois, 6 mois et 12 mois. »

N° 53153 - 08/03/2018 - FRANCE - 25 - VILLERS-GRELOT - Défaillance mécanique d'une éolienne

« Dans un parc de 14 éoliennes, l'alarme de suivi des vibrations de composants mobiles de l'une d'elle s'active. La machine s'arrête automatiquement. Une équipe de l'exploitant se rend sur place. Elle constate qu'une dent de l'arbre rapide, situé entre le multiplicateur et la génératrice, est cassée. Aucune conséquence n'est relevée sur d'autres composants ou l'environnement.

L'exploitant contacte le fabricant de l'éolienne. Ce dernier détecte un défaut de fabrication au niveau de la couronne dentée de l'arbre rapide : une inclusion de bulle d'air est découverte dans l'acier. L'exploitant demande à son fournisseur des améliorations organisationnelles dans ses processus de fabrication ainsi que dans la disponibilité des pièces et des intervenants.

La pièce défectueuse est remplacée. La production de l'aérogénérateur reprend après 39 jours d'arrêt. »

N° 53429 - 02/04/2019 - FRANCE - 80 – EQUANCOURT - Eolienne touchée par la foudre

« Dans l'après-midi, lors d'un épisode orageux, la foudre touche une des 12 éoliennes d'un parc éolien. Un élu constate une trace noire sur une des pales de la machine. Il alerte le gestionnaire du site. Après constat sur place, l'éolienne est arrêtée à distance à 18h30. Une équipe technique, arrivée sur place à 20h37, place les pales en drapeau et positionne la pale impactée vers le bas, le long du mât, pour éviter tout risque complémentaire. La zone au pied de l'éolienne est balisée pour prévenir tout risque d'accident.

L'impact de foudre a endommagé le revêtement de la pale, proche de la base, sur 5 000 cm².

Le lendemain matin, un expert de la société de fabrication et maintenance de l'éolienne inspecte l'équipement et la pale endommagée. Il estime qu'il n'y a pas de risque d'aggravation des dégâts ni de chute de composants tant que l'éolienne reste à l'arrêt avec les pales mises en drapeau. Une autre inspection les jours suivants permet de confirmer qu'aucune autre des éoliennes n'a été touchée par la foudre. La pale est déposée pour la réparer. »

N° 53479 - 15/04/2019 - FRANCE - 21 - CHAILLY-SUR-ARMANCON - Électrisation lors de la maintenance d'une éolienne

« Vers 12h15, un sous-traitant est électrisé par un courant de 20 000 V dans une éolienne. Les pompiers interviennent sur les lieux. Un technicien effectue des reconnaissances au sommet de l'éolienne afin de vérifier si celle-ci est endommagée. L'éolienne est sécurisée par le personnel de maintenance. La victime est légèrement blessée. Elle est transportée en centre hospitalier. »

N° 53562 - 12/02/2019 - FRANCE - 25 – AUTECHAUX - Fissurations sur des roulements de pales d'éoliennes

« A la suite d'une fissuration constatée sur une bague extérieure de roulement de pale d'une éolienne d'un parc éolien de même technologie hors de France, l'exploitant réalise des inspections de cette pièce sur 3 de ses parcs éoliens comprenant 43 éoliennes.

Ces contrôles mettent en évidence 6 fissurations sur des roulements de pale, positionnés entre la base de la pale et le moyeu. Ces roulements permettent la rotation de la pale sur elle-même pour les orienter face au vent et lancer, ajuster ou stopper la production. Les 6 fissures sont précisément localisées au niveau des goupilles coniques et trous de remplissage du roulement utilisés lors de l'assemblage des billes de roulement pendant la fabrication de la pièce. Sur les 6 fissures, 5 sont partielles (bague extérieure fissurée sur une partie seulement de sa section transversale) et 1 complète (bague extérieure fissurée sur l'ensemble de sa section transversale).

Pour ces 6 éoliennes, le constructeur a prévu de déposer le rotor afin de remplacer les roulements par des roulements neufs. Dans l'attente de pouvoir réaliser ces remplacements, l'exploitant réalisera une inspection visuelle toutes les 2 semaines afin de vérifier si l'épaisseur de la fissuration reste inférieure à 3 mm et si le couple de serrage des goujons est toujours bon. Il mettra également en place une plaque de renfort stabilisatrice destinée à réduire les contraintes au niveau de la bague extérieure, centrée sur les goupilles coniques et trous de remplissage et s'étendant sur 16 goujons des bagues. La même plaque de renfort stabilisatrice sera mise en place sur l'ensemble des éoliennes des 3 parcs, qu'une fissure ait été détectée ou non lors de ces contrôles. Ces plaques constituent une réparation définitive et sont vouées à rester durant la vie de l'éolienne.

L'origine des fissurations serait un défaut d'alésage qui, sous contrainte, conduirait à une fissuration par fatigue de la bague au niveau d'une zone d'amorçage propice constituée par les trous d'introduction des billes dans les roulements. »

N° 53857 - 18/06/2019 - FRANCE - 80 - QUESNOY-SUR-AIRAINES - Incendie sur une éolienne

« Vers 17 h, un feu se déclare sur une éolienne située dans un parc éolien qui en compte 5. Les équipes de maintenance du site maîtrisent l'incendie. Les pompiers alertés par le parc éolien réalisent des contrôles thermiques pour confirmer l'extinction. Le lendemain, des pièces déposées au pied de l'éolienne à la suite de l'incendie sont dérobées.

D'après la presse, un court-circuit sur un condensateur est à l'origine du sinistre. »

N° 53860 - 25/06/2019 - FRANCE - 56 – AMBON - Feu de moteur d'éolienne

« Vers 15h45, lors d'une opération de maintenance au niveau du système d'orientation des pales d'une éolienne, un feu se déclare au niveau de la nacelle de cette éolienne dans un parc mis en service en 2008 comportant 6 machines de 120 m pour une puissance totale de 10,02 MW. Voyant des étincelles, les techniciens alertent les secours. Un périmètre de sécurité de 500 m est mis en place. Le parc est mis à l'arrêt. Des éléments structurels de l'éolienne chutent au sol. L'incendie est maîtrisé vers 18h50.

Des fuites d'huile avaient été constatées en 2015 et 2018 sans avoir été nettoyées. »

N° 53862 - 05/04/2015 - FRANCE - 11 – ROQUETAILLADE - Chute d'une pale d'éolienne

« Vers 1h24, une alarme due à un défaut vibratoire est remontée. L'éolienne s'arrête automatiquement. Lors du déplacement des techniciens sur site vers 12h17, ils constatent la présence d'une pale au sol en pied de tour, les 2 autres pales étant toujours solidaires du moyeu.

L'éolienne est mise en sécurité (impossibilité de redémarrage à distance et mise en drapeau des pales afin qu'il n'y ait pas de prise au vent). Un périmètre de sécurité d'environ 100 m autour de l'éolienne est mis en place et la municipalité interdit l'accès à la zone. Au vu de l'historique accidentel sur ce parc éolien (ARIA 43576), l'inspection des installations classées demande l'arrêt immédiat des 4 éoliennes de même technologies du parc. Les 2 autres pales sont inspectées sans qu'il ne soit relevé de défaut. La pale est évacuée 2 jours plus tard.

L'exploitant contrôle le couple de serrage de l'ensemble des vis de fixation des pales au moyen des 4 éoliennes de même technologie. La grande majorité des vis sont en mauvais état (déformation, rouille, usure,...).

Le mauvais état des vis a été probablement engendré par le fonctionnement en mode dégradé des éoliennes durant 1 mois en 2013 (ARIA 43576). En effet, alors que les 4 éoliennes étaient en service depuis 1 mois après le remplacement des vis de l'ensemble des pales, il avait été détecté un défaut de serrage. Le couple de serrage avait été repris sans

remplacement des vis qui ont pu être soumises à des contraintes pendant ce mois de fonctionnement, durant lequel avaient été enregistrées de fortes turbulences de vent selon la direction 80°-110°.

Après la chute de pale en avril 2015, l'exploitant procède :

- au remplacement de toutes les vis et rondelles assurant la fixation des pales au moyeu ;

- à des contrôles périodiques des couples de serrage ;

- au bridage la puissance des 4 éoliennes à 700kW (le bridage sectoriel selon la direction n'est pas techniquement possible) ;

- au changement de sa procédure de redémarrage automatique : lors de la remontée d'une alarme vibratoire, un technicien doit se déplacer sur site pour réaliser une inspection avant éventuel démarrage.

Les 4 éoliennes sont remises en service en septembre 2015. Entre septembre 2017 et avril 2018, le constructeur remplace toutes les vis par des vis monitorées afin de réaliser un suivi trimestriel du couple de serrage par ultrason. »

N° 53894 - 27/06/2019 - FRANCE - 02 - CHARLY-SUR-MARNE - Chute d'un bout de pale d'une éolienne

« Vers 9 h, deux techniciens intervenant sur une éolienne pour maintenance constatent qu'une pale d'une autre éolienne présente un angle anormal. Ils demandent au centre de maintenance l'arrêt à distance de cette éolienne. Vers 9h30, lors de la mise à l'arrêt, le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m de l'éolienne, l'autre à 100 m dans l'enceinte du parc éolien. Chaque morceau correspond à une face de la pale. À la demande des techniciens, l'éolienne est arrêtée à distance.

Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place autour de l'éolienne. L'exploitant arrête l'ensemble des éoliennes du parc. Un arrêté municipal interdit, dès le lendemain, l'accès à l'ensemble du parc éolien pour une durée indéterminée. La vitesse du vent au moment du détachement était comprise entre 6 et 7 m/s. La température extérieure était de 22 °C sachant que de très fortes chaleurs sévissaient pendant la période.

En septembre 2016, les pales de l'éolienne avaient été inspectées. Des reprises de peinture et la réparation d'une fissure avaient été réalisées. Ces défauts avaient été classés comme mineurs. En octobre 2018, une inspection visuelle n'avait révélé aucun défaut. »

Partie P - Index



Chapitre 1 - Table des figures

Figure 1 : Températures moyennes (1981-2010) à la station d'Esternay	30
Figure 2 : Précipitations moyennes (1981-2010) à la station d'Esternay	30
Figure 3 : Diagramme ombrothermique (1981-2010) à la station d'Esternay (Source : https://www.infoclimat.fr/)	30
Figure 4 : Vents moyens en France à 50m du sol (Source : http://jmj41.com/meteo/climat_vent_moyen.php) ...	31
Figure 5 : Rose des fréquences des vents au droit du projet en % (Source : EDPR France Holding).....	31
Figure 6 : Proportion de l'énergie du vent totale par rapport à la direction (Source : EDPR France Holding)	31
Figure 7 : Zonage sismique de la France (Source : Ministère de la Transition écologique et solidaire)	32
Figure 8 : Carte du nombre de jour moyen d'orage par an entre 1999 et 2006 (Source : https://www.infoclimat.fr/)	34
Figure 9 : Densité moyenne annuelle d'impacts de foudre au sol entre 1997 et 2014 (Source : Météo France)	34
Figure 10 : Trajectoire des centres dépressionnaires liés aux dernières tempêtes (Source : Ministère de la Transition écologique et solidaire).....	34
Figure 11 : Nombre moyen de feux / an (Source : BDIFF 2008-2017).....	35
Figure 12 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (Source : Guide de l'étude de dangers)	43
Figure 13 : Schéma présentant les caractéristiques du modèle VESTAS V117 3.45 MW (Source : Guide de l'étude de dangers, adapté par VERDI).....	43
Figure 14 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne (Source : Guide de l'étude de dangers)	44
Figure 15 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes (Source : EDPR).....	53
Figure 16 : Raccordement électrique des installations (Source : Guide de l'étude de dangers).....	57
Figure 17 : Planning prévisionnel du projet (Source : EDPR France Holding).....	61
Figure 18 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011 (Source : Guide de l'étude de dangers)	65
Figure 19 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2012 et 2019 (Source : Guide de l'étude de dangers)	66
Figure 20 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (Source : Guide de l'étude de dangers)	66
Figure 21 : Répartition des causes d'effondrement (Source : Guide de l'étude de dangers)	66
Figure 22 : Répartition des causes premières de rupture de pale (Source : Guide de l'étude de dangers).....	67
Figure 23 : Répartition des causes premières d'incendie (Source : Guide de l'étude de dangers)	67
Figure 24 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (Source : Guide de l'étude de dangers)	67

Chapitre 2 - Table des cartes

➤ Carte 1 : Localisation du site d'étude.....	23
➤ Carte 2 : Localisation de l'aire d'étude	24
➤ Carte 3 : Localisation des distances entre le projet et les zones urbanisées.....	27
➤ Carte 4 : Localisation des établissements recevant du public (ERP).....	28
➤ Carte 5 : Localisation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) Source : Géorisques	29
➤ Carte 6 : Localisation des installations nucléaires de base (INB) Source : Géorisques	29
➤ Carte 7 : Localisation de l'aléa retrait gonflement des argiles (Source : Géorisques)	32
➤ Carte 8 : Localisation de l'aléa mouvements de terrains (Source : Géorisques)	33
➤ Carte 9 : Localisation de l'aléa cavités souterraines (Source : Géorisques).....	33
➤ Carte 10 : Localisation de l'aléa inondations (Source : Géorisques).....	35
➤ Carte 11 : Localisation de l'aléa remontée de nappe (Source : Géorisques)	36
➤ Carte 12 : Localisation des voies de communication – transport ferroviaire	37
➤ Carte 13 : Localisation des voies de communication – transport routier	37
➤ Carte 14 : Localisation des voies de communication – transport aérien.....	38
➤ Carte 15 : Localisation des transports d'électricité.....	38
➤ Carte 16 : Localisation du gazoduc géré par GRTgaz (Source : GRTgaz)	38
➤ Carte 17 : Localisation du château d'eau	39
➤ Carte 18 : Infrastructures concernées par le nombre équivalent personnes – Carte de synthèse	40
➤ Carte 19 : Chemins d'accès	44
➤ Carte 20 : Plans détaillés de l'installation (Source : EDPR France Holding)	45
➤ Carte 21 : Effondrement de l'éolienne – Rayon égale à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale	84
➤ Carte 22 : Chute de glace – Zone de survol de l'éolienne.....	86
➤ Carte 23 : Projection de pales ou de fragments de pales – Zone de 500 m autour de chaque éolienne.....	89
➤ Carte 24 : Projection de morceaux de glace – Zone de rayon de 308.85 m = 1.5 x (H+2R).....	91
➤ Carte 25 : Synthèse détaillée des risques	93

Chapitre 3 - Table des tableaux

Tableau 1 : Renseignements administratifs.....	23
Tableau 2 : Localisation et altitudes des éoliennes	27
Tableau 3 : Distances entre le projet et les zones urbanisées	27
Tableau 4 : Distances entre le projet et les zones urbanisées (Source : INSEE)	28
Tableau 5 : ERP (Source : DDT 51)	28
Tableau 6 : ICPE (Source : Géorisques).....	29
Tableau 7 : Fréquence et énergie du vent en fonction de la direction en % (Source : EDPR France Holding)	31
Tableau 8 : Nombre équivalent-personnes permanentes dans l'aire d'étude.....	40
Tableau 9 : Caractéristiques de l'éolienne Vestas V117 3.45 MW (Source : Constructeur VESTAS)	43
Tableau 10 : Coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison	45
Tableau 11 : Description des différents éléments constitutifs de l'installation	50
Tableau 12 : Conformité du projet aux rubriques de l'arrêté du 26/08/2011.....	53
Tableau 13 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation	60
Tableau 14 : Agressions externes liées aux activités humaines.....	71
Tableau 15 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	72
Tableau 16 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels (Source : Guide de l'étude de dangers).....	73
Tableau 17 : Fonction de sécurité n°1 - Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace.....	75
Tableau 18 : Fonction de sécurité n°2 - Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	75
Tableau 19 : Fonction de sécurité n°3 - Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	75
Tableau 20 : Fonction de sécurité n°4 - Prévenir la survitesse.....	76
Tableau 21 : Fonction de sécurité n°5 - Prévenir les courts-circuits	76
Tableau 22 : Fonction de sécurité n°6 - Prévenir les effets de la foudre	76
Tableau 23 : Fonction de sécurité n°7 - Protection et intervention incendie	76
Tableau 24 : Fonction de sécurité n°8 - Prévention et rétention des fuites	77
Tableau 25 : Fonction de sécurité n°9 - Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	77
Tableau 26 : Fonction de sécurité n°10 - Prévenir les erreurs de maintenance	77
Tableau 27 : Fonction de sécurité n°11 - Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	77
Tableau 28 : Fonction de sécurité n°12 - Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	77
Tableau 29 : Scénarii exclus de l'étude détaillée (Source : Guide étude de dangers).....	78
Tableau 30 : Degré d'exposition (Source : Guide étude de dangers).....	81
Tableau 31 : Échelle de gravité des conséquences sur l'Homme (Source : Guide étude de dangers).....	81
Tableau 32 : Échelle de gravité des conséquences sur l'Environnement (Source : Guide étude de dangers).....	82
Tableau 33 : Caractéristiques de l'éolienne Vestas V117 3.45 MW (Source : Constructeur VESTAS)	83
Tableau 34 : Scénario d'effondrement – Calcul de l'intensité	83
Tableau 35 : Scénario d'effondrement – Cotation de la gravité	83
Tableau 36 : Probabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » (Source : Guide étude de dangers) ..	84
Tableau 37 : Scénario d'effondrement – Acceptation du risque.....	84
Tableau 38 : Scénario de chute de glace – Calcul de l'intensité.....	85
Tableau 39 : Scénario de chute de glace – Cotation de la gravité.....	85
Tableau 40 : Scénario de chute de glace – Acceptation du risque	86
Tableau 41 : Scénario de chute d'éléments de l'éolienne – Calcul de l'intensité.....	87

Tableau 42 : Scénario de chute d'éléments de l'éolienne – Cotation de la gravité.....	87
Tableau 43 : Scénario de chute d'éléments de l'éolienne – Acceptation du risque	87
Tableau 44 : Scénario de projection de pale ou de fragment de pale – Calcul de l'intensité.....	88
Tableau 45 : Scénario de projection de pale ou de fragment de pale – Cotation de la gravité	88
Tableau 46 : Probabilité du phénomène « Projection de pales ou de fragments de pales » (Source : Guide étude de dangers)	89
Tableau 47 : Scénario de projection de pales ou de fragments de pales – Acceptation du risque	89
Tableau 48 : Scénario de projection de morceaux de glace – Calcul de l'intensité	90
Tableau 49 : Scénario de projection de morceaux de glace – Cotation de la gravité	90
Tableau 50 : Scénario de projection de morceaux de glace – Acceptation du risque.....	91
Tableau 51 : Scénario de projection de morceaux de glace – Acceptation du risque.....	92
Tableau 52 : Synthèse de l'acceptabilité des risques	92

