CENTRALE EOLIENNE
CHASSEPAIN

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION D'EXPLOITATION D'UNE INSTALLATION CLASSEE POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT COMMUNES DE SAINT-CHARTIER ET SAINT-AOÛT DANS L'INDRE (36)

PARC EOLIEN DU CHASSEPAIN

ETUDE DE DANGERS

GB – Cabinet Greuzat 2010

31 mai 2013 : MAJ remarques DREAL Avril 2013
25 octobre 2012 : MAJ remarques DREAL du 19 juillet 2012
23 novembre 2011 : dossier initial 2011.0154

CABINET GREUZAT
GEOMETRE EXPERT URBANISTE BET VRD ENVIRONNEMENT PAYSAGE

40, rue Moreau Duchesne - BP 12
77910 Varreddes

environnement@cabinet-greuzat.com
http ://www.cabinet-greuzat.com

Projet : neoen

Tour Maine Montparnasse - BP 108
33 avenue du Maine
75 755 Paris cedex 15

☎ : 01 70 91 61 39

www.neoen.fr
Chargée du dossier : Julie Grima

Réalisation de l'étude de dangers : Cabinet Greuzat

40, rue Moreau Duchesne - BP 12
77910 Varreddes

☎ : 01 64 33 18 29 - 🖷 : 01 60 09 19 72

e-mail : environnement@cabinet-greuzat.com - www.cabinet-greuzat.com
Chargés du dossier : Michel Greuzat, Estelle Jacquot, Claire Laeng

SOMMAIRE

A. Résumé non technique 5

A.I. Préambule 6

A.II. Description succincte de l'installation et de son environnement 6

A.III. Présentation de la méthode d'analyse des risques 8

III.1. Potentiels de dangers liés aux produits 9

III.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation 9

A.IV. Analyse préliminaire des risques 11

A.V. Hiérarchisation des scénarios d'accident en fonction de l'estimation de leur probabilité d'occurrence, de la gravité de leur conséquence et de leur cinétique de développement 12

A.VI. Description des principales mesures d'amélioration permettant la réduction des risques 14

B. Etude des dangers 16

B.I. Préambule 17

I.1. Objectif de l'étude de dangers 17

I.2. Contexte législatif et réglementaire 18

I.3. Nomenclature des installations classées 19

B.II. Informations générales concernant l'installation 20

II.1. Renseignements administratifs 20

II.2. Localisation du site 22

II.3. Définition de l'aire d'étude 22

B.III. Description de l'environnement de l'installation 25

III.1. Environnement humain 25

III.2. Environnement naturel 29

III.3. Environnement matériel 32

III.4. Cartographie de synthèse 34

B.IV. Description de l'installation 37

IV.1. Caractéristiques de l'installation 37

IV.2. Fonctionnement de l'installation 40

IV.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation 48

B.V. Identification des potentiels de dangers de l'installation 50

V.1. Potentiels de dangers liés aux produits 50

V.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation 50

V.3. Réduction des potentiels de dangers à la source 51

B.VI. analyse des retours d'expérience 55

VI.1. Inventaire des accidents et incidents en France 55

VI.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international 57

VI.3. Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant 59
VI.4. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience 59
VI.5. Limites d'utilisation de l'accidentologie 60
B.VII. Analyse préliminaire des risques 61
VII.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques 61
VII.2. Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....61
VII.3. Recensement des agressions externes potentielles 62
VII.4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques 63
VII.5. Effets dominos.....67
VII.6. Mise en place des mesures de sécurité 67
VII.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques 74
B.VIII. Etude détaillée des risques 75
VIII.1. Rappel des définitions 75
VIII.2. Caractérisation des scénarios retenus.....79
VIII.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques.....107
VIII.4. Conclusion.....109
C. Annexes..... 113

Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne 114
Annexe 2 : Tableau de l'accidentologie française 115
Annexe 3 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques 116
Annexe 4 : probabilité d'atteinte et risque individuel 117
Annexe 5 : Glossaire 118
Annexe 6 : Bibliographie et références utilisées 119
Annexe 7 : comparaison des dispositifs de sécurité et de maintenance des turbines étudiées 120
Annexe 8 : attestations parasismiques.....121

ILLUSTRATIONS

Figure 1 : démarche générale de l'étude de dangers.....8
Figure 2 : carte de localisation générale au 1/100000ème.....23
Figure 3 : situation de l'installation, au 1/10 000ème 24
Figure 4 : cartographie de synthèse de l'environnement 36
Figure 5 : schéma simplifié d'un aérogénérateur 38
Figure 6 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne 38
Figure 7 : Raccordement électrique des installations.....48
Figure 8 : schéma de raccordement fourni par ERDF Région Auverge-Centre-Limousin en mai 2012.....49
Figure 9 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées.....59
Figure 10 : carte de synthèse des risques pour les scénarios étudiés.....112

A. RESUME NON TECHNIQUE

A.I. **PREAMBULE**

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 du Chassepain comprend 10 aérogénérateurs dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : cette installation est donc soumise à autorisation 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.

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par Centrale Eolienne Chassepain pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques de son projet de parc éolien du Chassepain, 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.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le projet qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

La présente étude de dangers, réalisée dans le cadre de la demande d'autorisation d'exploitation ICPE a été rédigée par le cabinet Greuzat, également rédacteur du dossier général de la demande d'autorisation.

Cette étude se base sur le Guide technique Inéris pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens (mai 2012).

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.

A.II. **DESCRIPTION SUCCINCTE DE L'INSTALLATION ET DE SON ENVIRONNEMENT**

Le parc éolien du Chassepain, composé de 10 aérogénérateurs, est localisé sur les communes de Saint-Chartier et Saint-Août, dans le département de l'Indre (36), en région Centre.

Il comprend 10 aérogénérateurs et deux postes de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur totale en bout de pale de 150 mètres.
Le modèle de turbine susceptible d'être utilisée est la Vestas V112. Cependant les éoliennes Repower 3.2M114 et Nordex N117, turbines de gabarit semblable ont été prises en compte dans la présente étude afin de mettre en évidence d'éventuelles différences en terme de dangers pour des aérogénérateurs d'un gabarit donné, à savoir 150 m de hauteur totale en bout de pale.

Les éoliennes sont réparties suivant 3 axes parallèles à la RD 918, orientés du Nord vers le Sud et sont espacées régulièrement d'environ 590 mètres en moyenne sur chaque rang, lesquels sont espacés d'environ 840 mètres en moyenne.

Les éoliennes sont implantées dans un contexte agricole de grande culture et de bocage. Les terrains sont desservis en majeure partie par des chemins d'exploitation et des chemins ruraux.

Concernant l'environnement humain, les bâtiments les plus proches concernent les habitations de La Font à 560 mètres de l'éolienne E6, au Nord du projet.
La frange Nord du hameau de Villechère et la frange Sud du hameau de Vinceuil ainsi qu'environ une demi-douzaine de fermes isolées sont comprises dans un périmètre entre 500 mètres et 1 km autour du projet éolien. Cela correspond à environ 60 habitants.

D'une manière générale, les établissements recevant du public se trouvent dans les villages ou à proximité des bourgs. Ils se trouvent ainsi éloignés de la zone de dangers (fixée à 500m) et sont situés au plus près à 2,8 km.

Il n'y a pas d'activités industrielles importantes à l'échelle du territoire concerné par l'implantation des éoliennes ni d'Installations Nucléaires de Base dans les limites de la présente zone d'étude.

L'aire d'étude immédiate est parcourue par un itinéraire de petites randonnées au Sud du projet éolien.

Concernant l'environnement naturel, les roses des vents présentent un flux principal de secteur Ouest/Sud-Ouest. La vitesse moyenne du vent est de l'ordre de 6,10m/s à 94 mètres de hauteur et 6,18m/s à 100 mètres de hauteur.

D'après les données de Météo-France, les rafales de vent supérieures à 28 m/s sont plus fréquentes en hiver, de décembre à février. Les records ont été mesurés en décembre (35 m/s), février (36 m/s) et mars (35 m/s).

Les communes de Saint-Chartier et Saint-Août ne présentent pas de risques d'inondation.

Les indices « aléas retrait et gonflement des argiles » sont considérés comme faibles à forts (9 aérogénérateurs sur 10 sont en zone d'aléa fort).

La commune de Saint-Chartier est concernée par un Plan de Prévention des Risques naturels Mouvement de terrain - Tassements différentiels.

La moyenne de jours d'orage par an et la densité d'arcs au km² par an (moyenne sur les dix dernières années) sont légèrement inférieures aux moyennes françaises.

Le projet éolien est situé en zone de sismicité correspondant à un aléa sismique qualifié de « faible » (indice 2) mais qui nécessite de prendre en considération des règles de construction parasismiques définies par l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » relatifs à la prévention du risque sismique.

Concernant l'environnement matériel, la desserte de l'aire d'implantation projetée des éoliennes se fait par la route départementale 918, depuis le Sud (Saint-Chartier) comme depuis le Nord (Saint-Août). D'après les données disponibles, la route départementale 918 a présenté en 2010, 1210 véhicules/jours (moyenne annuelle journalière) donnant à cet axe un caractère relativement peu structurant.

En dehors de la départementale, les chemins ruraux les plus usités (surfaces enrobées desservant quotidiennement les habitations) sont :

- Chemin rural n°58 de la Brandes des Cosses qui dessert environ 5 foyers (trafic estimé à environ 40 véhicules /jour);
- Chemin rural n°9 des Duriaux à Villechère qui dessert un foyer (trafic estimé à environ 8 véhicules /jour).

Les principaux enjeux du projet sont liés à :

- **La présence d'axes routiers non structurant de la route départementale n°918 (1210 véhicules/jours) et routes (Chemins ruraux n°9 et 58) de desserte des habitats dispersés,**
- **La présence de chemins ruraux et d'exploitation liés à l'activité agricole du secteur,**
- **La présence d'itinéraire de petite randonnée au Sud du projet.**

A.III. PRESENTATION DE LA METHODE D'ANALYSE DES RISQUES

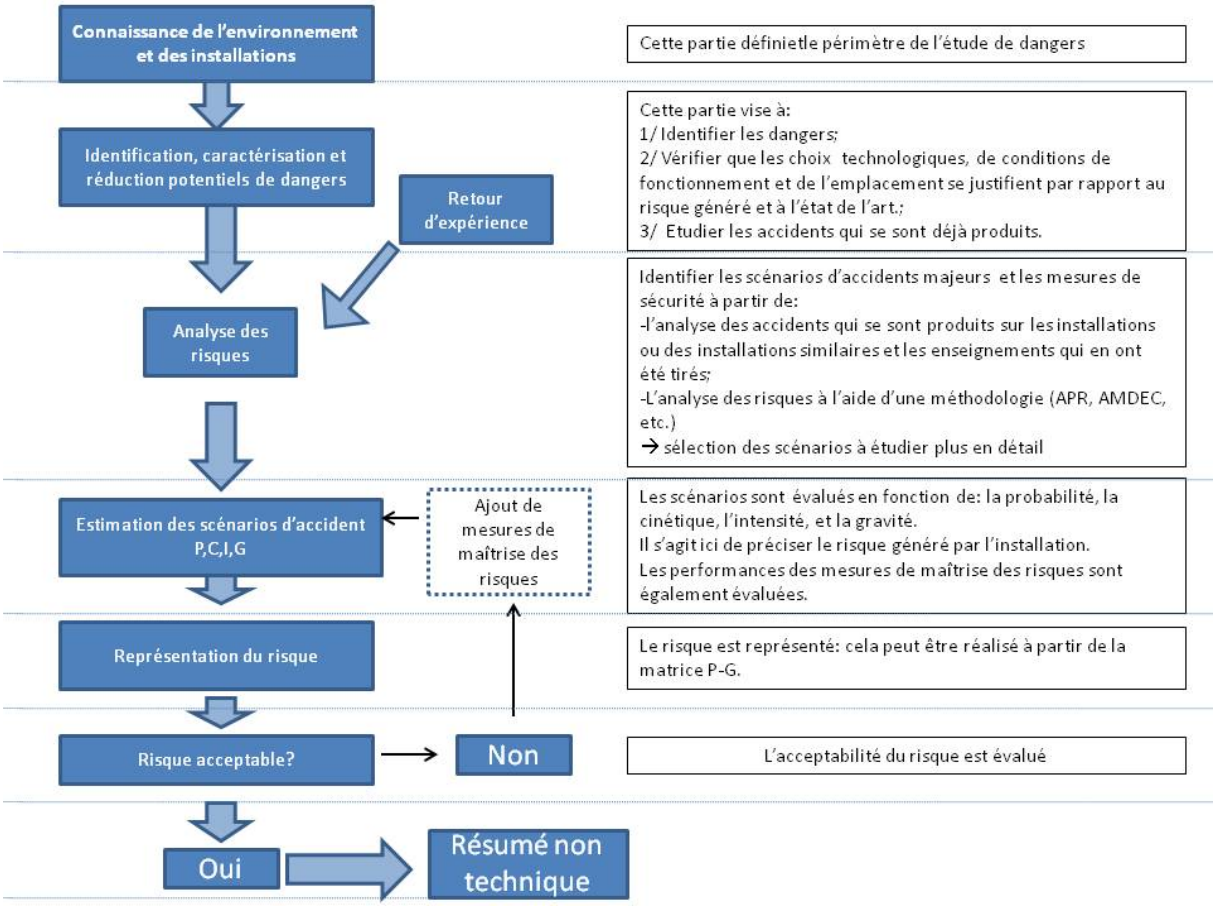


Figure 1 : démarche générale de l'étude de dangers

III.1. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

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

III.2. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

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.

La principale cause de ces accidents est les tempêtes.

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien du Chassepain 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

A.IV. **ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES**

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

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m^2 n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistants du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

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

A.V. HIERARCHISATION DES SCENARIOS D'ACCIDENT EN FONCTION DE L'ESTIMATION DE LEUR PROBABILITE D'OCCURRENCE, DE LA GRAVITE DE LEUR CONSEQUENCE ET DE LEUR CINETIQUE DE DEVELOPPEMENT

Il convient de se reporter à la cartographie de synthèse des risques étudiés (page 112) pour prendre connaissances de chacune des zones d'effets.

NB : Si trois types d'éoliennes d'un gabarit de 150 m de hauteur maximale en bout de pale ont été étudiées, à savoir l'éolienne Repower 3.2M114, l'éolienne Vestas V112 et l'éolienne Nordex N117. La cartographie et ses calculs associés ont été effectués à partir des données de la turbine maximisant les zones d'effets (pales les plus longues) à savoir la Nordex N117.

Les niveaux de risques estimés ci-dessous sont issus du croisement entre les classes de probabilité et les gravités définies dans l'étude détaillée. Dans le cadre du projet du Chassepain :

- **Les risques d'effondrement des éoliennes, de chute d'éléments de l'éolienne et chute de glace sont estimés comme faibles à très faibles pour l'ensemble du parc,**
- **Le risque de projection de pales ou de fragment est estimé comme très faible pour l'ensemble du parc,**
- **Le risque de projection de glace est estimé comme faible pour l'ensemble du parc.**

Les cinq catégories de scénarios étudiées dans l'étude détaillée des risques sont les suivantes, avec leurs zones d'effet, cinétiques, intensité, probabilité et gravité:

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale **Soit 150 m**	Rapide	exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)[1]	Sérieux pour les éoliennes E1, E5, E6, E7 et E9 Important pour les éoliennes E2, E3, E4, E8 et E10	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol **Soit 58,5 m**	Rapide	exposition modérée	C	Modéré pour les éoliennes E1 à E10	Acceptable
Chute de glace	Zone de survol **Soit 58,5 m**	Rapide	exposition modérée	A sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modéré pour les éoliennes E1 à E10	Acceptable
Projection de pales ou fragments	**500 m** autour de l'éolienne	Rapide	exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)[2]	Sérieux pour les éoliennes E1 à E10	Acceptable
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne **Soit 312 m**	Rapide	exposition modérée	B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Sérieux Pour les éoliennes E1 à E10	Acceptable

Au regard des événements redoutés étudiés et de leurs risques associés, il est considéré que les risques générés sont faibles à très faibles. Le projet éolien du Chassepain est donc acceptable.

[1] Voir paragraphe VIII.2.1
[2] Voir paragraphe VIII.2.4

A.VI. DESCRIPTION DES PRINCIPALES MESURES D'AMELIORATION PERMETTANT LA REDUCTION DES RISQUES

En dehors des mesures préventives lors de la conception du projet et du choix de turbines respectant les normes en vigueur, les principales mesures mises en place sont les suivantes :

Fonction de sécurité	Mesures de sécurité
Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate mise à l'arrêt et de redémarrage.
Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées
Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	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
Prévenir la survitesse	Détection de survitesse et système de freinage.
Prévenir les courts-circuits	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique
Prévenir les effets de la foudre	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur. Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques
Protection et intervention incendie	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
Prévention et rétention des fuites	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution

Mesures de sécurité	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.
Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)
Prévenir les erreurs de maintenance	Procédure maintenance Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel
Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite

B. ETUDE DES DANGERS

B.I. **PREAMBULE**

«I - L'étude de dangers mentionnée à l'article R. 512-6 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 aux articles L. 211-1 et L. 511-1.

II - Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le demandeur 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 demandeur 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, la cinétique et les zones d'effets des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie des zones de risques significatifs.
Le ministre chargé des installations classées peut préciser les critères techniques et méthodologiques à prendre en compte pour l'établissement des études de dangers, par arrêté pris dans les formes prévues à l'article L. 512-5.
Pour certaines catégories d'installations impliquant l'utilisation, la fabrication ou le stockage de substances dangereuses, le ministre chargé des installations classées peut préciser, par arrêté pris sur le fondement de l'article L. 512-5, le contenu de l'étude de dangers portant, notamment, sur les mesures d'organisation et de gestion propres à réduire la probabilité et les effets d'un accident majeur. »

Article R.512-9 du Code de l'environnement

I.1. **OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS**

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

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien du Chassepain, 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.

Cette étude a été réalisée sur la base du Guide technique Inéris pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens (mai 2012).

I.2. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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

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

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

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

- description de l'environnement et du voisinage
- description des installations et de leur fonctionnement
- identification et caractérisation des potentiels de danger
- estimation des conséquences de la concrétisation des dangers
- réduction des potentiels de danger
- enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs)
- analyse préliminaire des risques

- étude détaillée de réduction des risques
- quantification et hiérarchisation des différents scénarios en terme de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection
- représentation cartographique
- résumé non technique de l'étude des dangers.

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

I.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

A. – Nomenclature des installations classées			
N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C (1)	RAYON (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât 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.

Le parc éolien du Chassepain comprend 10 aérogénérateurs 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.

B.II. **INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION**

II.1. **RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS**

II.1.1. IDENTITE DU DEMANDEUR

Dénomination	**Centrale Eolienne Chassepain**
Forme juridique	**Société par actions simplifiées à associé unique au capital de 2500€**
Signataire de la demande	**Xavier Barbaro** **M. le Président de Neoen** **(SAS à associé unique)** **Tour Montparnasse** **33 avenue du Maine** **75015 PARIS**
Adresse du siège social	**Tour Montparnasse** **33 avenue du Maine** **75015 PARIS**
N° de SIRET	**537 476 517 00017**
N° de registre de Commerce	**537 476 517 R.C.S. Paris**
Code APE	**3511Z (production d'électricité)**

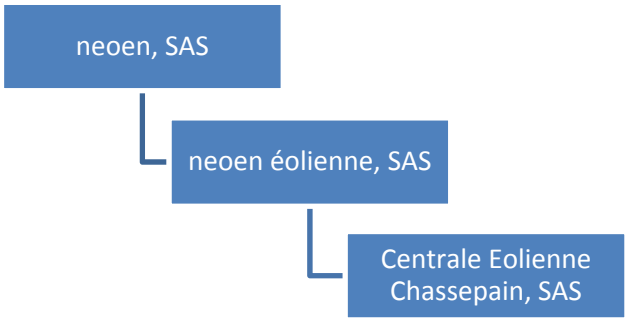
Centrale Eolienne « Chassepain » est une société par actions simplifiée à associé unique au capital de 2500€. Elle dispose de deux établissements secondaires aux adresses suivantes :

- Les Cosses à Lisa 36 400 Saint-Chartier (superficie : 3 ares et 70 centiares) correspondant au poste de livraison n°1, enregistré sous le numéro de SIRET 537 476 51700025.

- Le Grand Champ 36 400 Saint-Chartier (superficie : 94 ares et 40 centiares) correspondant au poste de livraison n°2, enregistré sous le numéro de SIRET 537 476 51700033.

Le siège social de Centrale Eolienne Chassepain est situé au 33 avenue du Maine, Tour Maine Montparnasse, 75015 Paris. Elle est détenue à 100% par neoen éolienne, elle-même filiale à 100% de neoen.

Comme le décrit le schéma ci-dessous, neoen a souhaité créer une société projet afin de structurer ses actifs par filière (solaire, éolien terrestre, éolien offshore, biomasse) et au sein d'une société spécifiquement dédiée à l'exploitation de la future centrale. Cette méthode permet de fluidifier les démarches administratives et de financement de projet.



Afin de mener à bien la réalisation et l'exploitation de ce projet de centrale de production d'électricité issue de l'énergie éolienne, la SAS Centrale Eolienne Chassepain bénéficiera de l'expérience de neoen dans le domaine énergétique et en particulier dans le secteur de l'énergie éolienne, ainsi que de ses capacités techniques et financières.

En particulier, neoen s'engage à mettre à la disposition de sa filiale Centrale Eolienne Chassepain l'ensemble des ressources nécessaires y compris financières pour satisfaire à l'obligation de démantèlement et de remise en état du site éolien en fin d'exploitation

Il convient de se référer aux capacités techniques et financières détaillées en annexe dans le dossier général de demande d'autorisation pour prendre connaissance des détails complémentaires techniques et financiers.

II.1.2. REDACTEUR DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers, réalisée dans le cadre de la demande d'autorisation d'exploitation ICPE a été rédigée par le cabinet Greuzat, également rédacteur du dossier général de la demande d'autorisation.

Le Cabinet Greuzat est une structure indépendante créée en 1982 et comptant aujourd'hui 29 collaborateurs regroupant un ensemble d'expertises dans le domaine de l'aménagement et de l'environnement : Géomètres-Experts et topographie, infrastructures et maîtrise d'œuvre Voirie et Réseaux Divers (V.R.D.), urbanisme, paysage, image et Systèmes d'Information Géographique, eau et environnement.

Le Cabinet Greuzat intervient depuis sa création dans le domaine de l'environnement et plus particulièrement des études d'impact de projets industriels et d'aménagement et dans le domaine du paysage.

L'étude de dangers a été pilotée par :

- **Michel Greuzat** (35 années d'expérience), Géomètre-Expert et urbaniste, co-gérant du Cabinet. Michel Greuzat supervise notamment l'ensemble du pôle Environnement au sein du Cabinet qui réalise des étude d'impact sur l'environnement pour les ICPE depuis 1985..

en collaboration avec :

- **Claire Laeng** (12 années d'expérience), paysagiste D.P.L.G. de l'Ecole Nationale Supérieure du Paysage de Versailles. Claire Laeng intervient dans les études paysagères et urbaines, les volets paysagers des études d'impact, des documents d'urbanisme ou des permis de construire et la conception et la maîtrise d'œuvre de projets d'aménagement.

- **Sébastien Valet** (7 années d'expérience) Titulaire de Brevets de Technicien Agricole en Gestion et protection de la nature et en Gestion et maîtrise de l'eau, Sébastien Valet est chargé d'études et de coordination d'études d'impact sur l'environnement dans le cadre de différentes procédures (protection de la nature, installations classées, « loi sur l'eau », forêts, déchets). Les domaines d'intervention sont les activités industrielles et les aménagements en milieux rural et périurbain.

- **Estelle Jacquot**, infographiste. Estelle Jacquot est chargée de la collecte d'informations, de leur restitution cartographique et de la restitution graphique générale des documents.

II.2. LOCALISATION DU SITE

(cf. carte de localisation générale au 1/100 000ème et situation de l'installation au 1/12 500ème pages 23 et 24).

Le parc éolien du Chassepain, composé de 10 aérogénérateurs, est localisé sur les communes de Saint-Chartier et de Saint-Août, dans le département de l'Indre (36), en région Centre.

II.3. DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

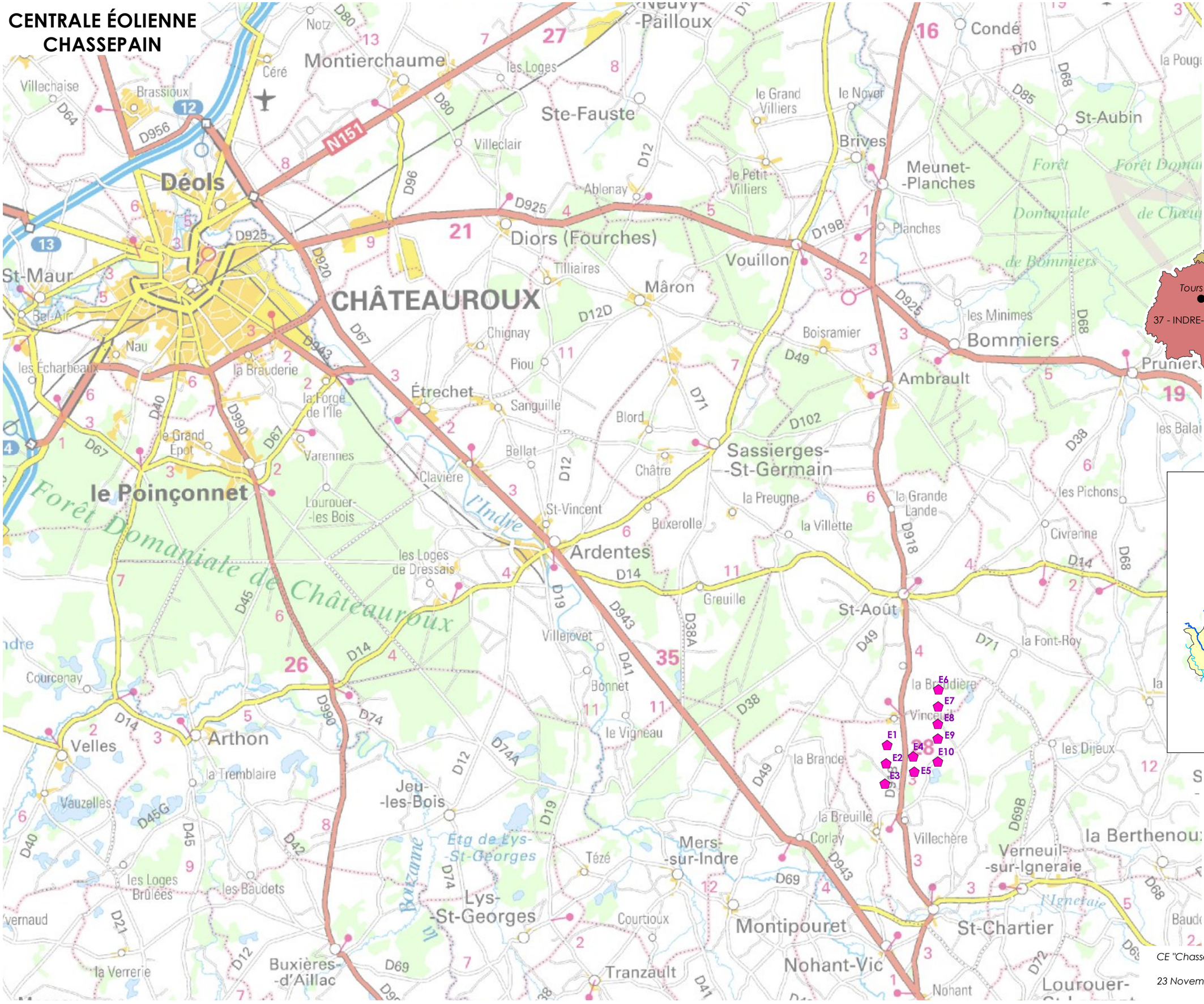
Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne.
Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe VIII.2.4.

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

CENTRALE ÉOLIENNE CHASSEPAIN

CARTE DE LOCALISATION GÉNÉRALE

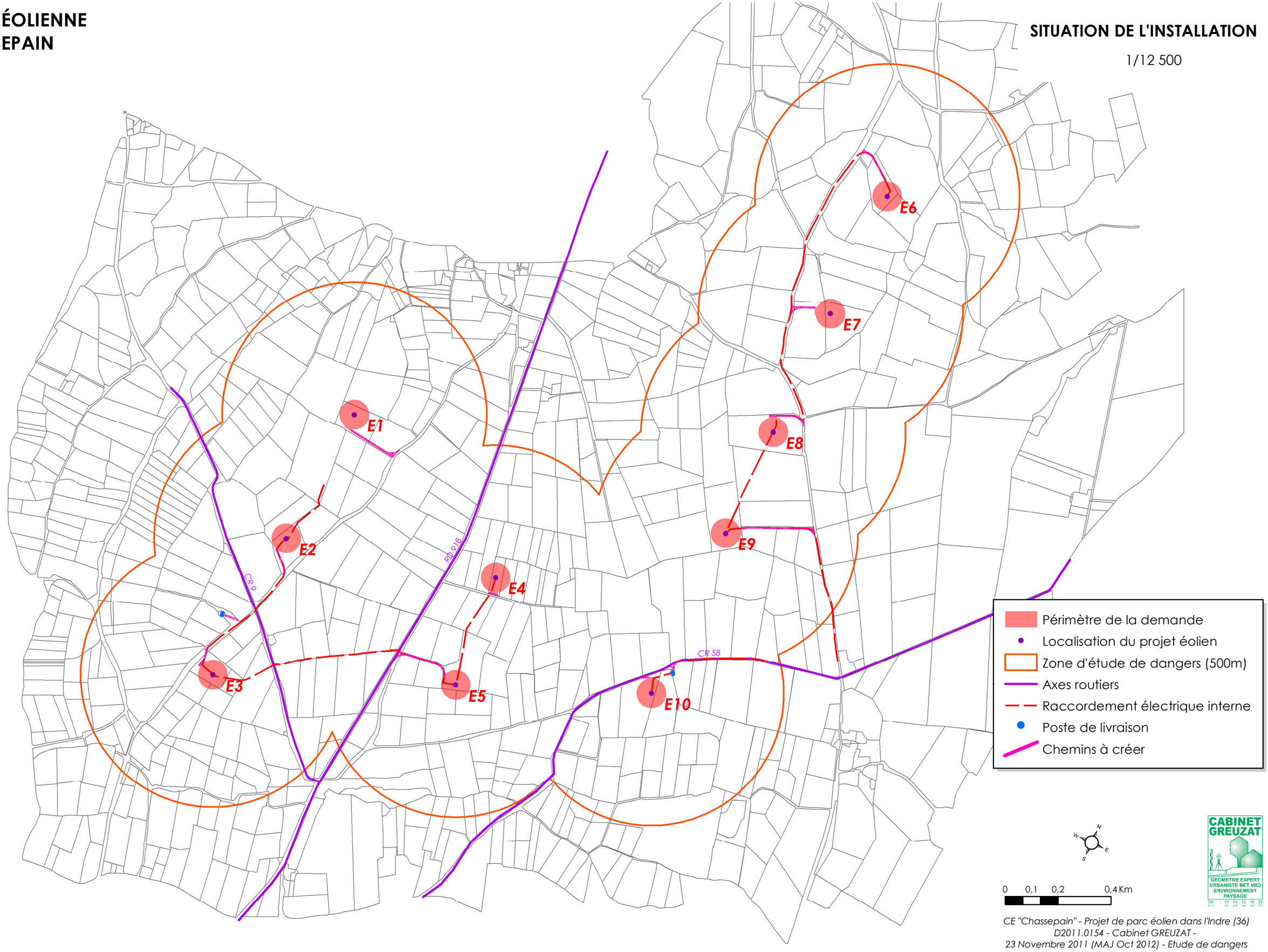
1/100 000



CENTRALE ÉOLIENNE
CHASSEPAIN

SITUATION DE L'INSTALLATION

1/12 500



B.III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

III.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

III.1.1. ZONES URBANISEES

Il convient de se reporter au chapitre III.6.3 Habitat de l'état initial de l'étude d'impact sur l'environnement incluse dans le dossier général de demande d'autorisation ICPE, pour illustrer ce chapitre.

Les agglomérations principales sont situées au Nord, avec Châteauroux et Ardentes et au Sud, avec La Châtre, Montgivray, Le Magny. A l'Est, la ville principale est celle de Lignières.

Dans l'aire d'étude rapprochée, les secteurs habités au voisinage du projet sont principalement regroupés dans les villages de Saint-Août et de Saint-Chartier.

Dans l'aire d'étude immédiate, de nombreux hameaux et lieux-dits habités sont disséminés et conditionnent l'étendue de la zone d'intérêt (recul de 500 m).
Dans la présente étude de dangers, il a été choisi de mentionner le nombre d'habitants concernés dans un rayon compris entre 500 m et 1 km autour du projet.
En termes de densité de population, c'est le secteur Sud qui présente un plus grand nombre d'habitants, avec les hameaux du coteau (Villechère, La Breuille,...).

Les habitats les plus proches du projet (de 500 mètres à 1 km autour du projet) sont :

Habitat	Distance	Eolienne concernée	Nombre d'habitants estimé*
Les Petites Cosses	700 m	E10	8
La Plaine	650 m	E9	1
Les Adeleines	1100 m	E7 et E8	4
La Braudière/La Font	560 m	E6	4
Vinceuil	600 m	E1	20
La Loge de Vinceuil	700 à 750 m	E7 et E8	4
Vinceuil-la-Forêt	800 m	E9	2
Les Grands Aveneaux	1000 m	E2	4
Villechère Est	900 m	E5	4
Villechère Ouest (inhabité)	810 m	E3	-
Les Charbonnières	900 m	E3	6

* Données fournies par neoen suite aux réunions de concertation et visites de site

Les autres lieux-dits habités dans un rayon de 2 km de la zone d'intérêt sont :

- Au Nord : Les Grands Giraudons (à environ 1,3 km) , La Brosse (à environ1,2 km) , La Font-Roy Guérichon (à environ1,5 km), et la Font-Roy-Bernard (à environ1,9 km);
- A l'Est : Les Etangs Brisse (à environ1,6 km), Les Cosseaux (à environ 700 mètres);
- Au Sud : Bellet, Les Blins, La Coudraie, La Breuille, Pedezon, Viremorin, Les Gravières, Les Landes, Les Essarts (entre 1 km et 1,5 km) ;
- A l'Ouest : Les Fonteneuilles (à environ1,4 km), Les Duriaux (à environ1,3 km), Villaziers (à environ1,5 km).

Il convient de se référer à la cartographie de synthèse de l'environnement pour prendre connaissance de la localisation des habitations les plus proches, page 36.

Les bâtiments les plus proches concernent les habitations de La Font à 560 mètres de l'éolienne E6, au Nord du projet.

La frange Nord du hameau de Villechère et la frange Sud du hameau de Vinceuil ainsi qu'environ une demi-douzaine de fermes isolées sont comprises dans un périmètre entre 500 mètres et 1 km autour du projet éolien. Cela correspond à environ 60 habitants.

III.1.2. ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

D'après la consultation du site internet de l'INSEE et de l'interrogation de certaines bases de données (les Pages Jaunes), il apparaît qu'en dehors des mairies, salles des fêtes et lieux cultuels (églises,...) éventuels, plusieurs établissements recevant du public (ERP) sont présents dans les communes situées au plus près à 2,8 km (Saint-Août).

	Saint-Chartier	Saint-Août	Nohant-Vic	Montipouret	Mers-sur-Indre	Sassierges-Saint-Germain	Verneuil-sur-Igneraie	La Berthenoux	Bommiers
Distance du projet en km	3,8	2.8	4,7	5,3	6,2	9,4	4,3	6,7	9.7
Boulangerie	1	1	1		1		1		
Boucherie / Charcuterie		1						1	
Centre équestre								1	
Stade municipal/Salle de sport		1			1	1			
Pharmacie		1							
Relais poste	1	1			1				
Agence postale communale			1					1	
Coiffure (à domicile)	1	1			1				
Restaurant		3	2	1				1	1

D'une manière générale, les établissements recevant du public se trouvent dans les villages ou à proximité des bourgs. Ils se trouvent ainsi éloignés de la zone de dangers (fixée à 500m) et sont situés au plus près à 2,8 km.

Le risque associé est donc limité voire nul.

III.1.3. INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLEAIRES DE BASE

Les activités industrielles classées pour la protection de l'environnement (I.C.P.E.) recensées[3] sont :

Activités ICPE	Distance d'éloignement par rapport au présent projet éolien[4]
Saint-Août (ICPE en fonctionnement)	
Elevage porcin	Environ 2,5 km de E6 NB : cette ICPE n'est plus recensée en 2012
Ceralliance / production de grains et fourrages (7 rte Lignières)	Environ 2,5 km de E6
Dubois Fourrage	Environ 3,6 km de E6
François Moreau (entreprise TP et agricole)	Environ 3 km de E6
Elevage canin	Environ 2,5 km de E6 NB : nouvelle ICPE recensée en 2012
Saint-Chartier (ICPE à l'arrêt)	
Tuilerie Briqueterie	Environ 3,5 km de E3

Il n'y a pas d'activités industrielles importantes à l'échelle du territoire concerné par l'implantation des éoliennes.

Il n'y a pas d'activités classées SEVESO aux abords du projet. La plus proche est située à Châteauroux (seuil bas). Elles concernent une industrie chimique. Les principaux accidents potentiels liés à ces activités sont les incendies, explosions et pollution.

Il n'y a pas d'Installations Nucléaires de Base dans les limites de la présente zone d'étude.

[3] http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr
[4] Distance à partie des données disponibles (adresse des sièges sociaux)

III.1.4. AUTRES ACTIVITES

A l'échelle du projet, l'agriculture constitue l'activité dominante du territoire et concerne l'élevage bovin pour la production laitière ou la production de viande. Les cultures sont en lien avec l'élevage.
La surface moyenne des exploitations est de 94 hectares en 2010 et elles sont principalement familiales.

La vallée Noire et le Pays de George Sand et plus particulièrement La Châtre et Saint-Chartier, au Sud, constituent les principaux lieux d'attraction en termes de tourisme. Dans ce secteur, les sites touristiques sont nombreux et liés au patrimoine architectural et aux œuvres de l'écrivain (Domaine de Nohant-Vic). C'est en conséquence que les lieux d'hébergement sont nombreux, ainsi que les itinéraires de randonnées à vélo ou à pied.

Au niveau de la zone d'étude des sentiers de petites randonnées au départ de Saint-Chartier traversent et longent le secteur Sud de l'aire d'implantation potentielle des éoliennes.

L'aire d'étude immédiate est parcourue par un itinéraire de petites randonnées.

III.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

III.2.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

Le climat de l'Indre est un océanique altéré ou dégradé dû à l'éloignement de la mer et l'apparition sporadique d'influences continentales. Cependant, le régime océanique assure un climat relativement doux.

Les principales données météorologiques sont issues de la station Météo France de Châteauroux-Déols (158 m NGF), regroupant des statistiques et records sur la période 1971-2000 (données disponibles auprès de Météo-France).

2.1.1 **Précipitations**

Les précipitations atteignent en moyenne un total annuel d'environ 737,7 mm et sont assez régulièrement réparties tout au long de l'année (115 jours de pluie par an).

Le niveau des précipitations est maximum au printemps (mai) et en automne/hiver (septembre à Décembre) ; et minimum en été (août).

2.1.2 **Températures**

La température moyenne annuelle minimale est de 6,9°C tandis que la moyenne annuelle maximale est de 15,8°C avec un minimum moyen mensuel en janvier et un maximum moyen mensuel en août.

2.1.3 **Adversités climatiques**

Le nombre annuel de jour de gelée est de 52,4 jours par an.
De novembre à mars, les jours de neige sont supérieurs à 15 (données manquantes de novembre à janvier).

Les températures ne sont en moyenne jamais négatives. La température la plus basse a atteint -22,8 °C en janvier 1985 et en février 1929. Les températures sont inférieures à 0 °C en moyenne 52 jours par an (principalement de décembre à février).

Des brouillards sont enregistrés tout au long de l'année, mais plus particulièrement d'octobre à février, de 4,2 à 6,1 jours par mois.

Les jours où la grêle tombe sont situés principalement au printemps, de mars à mai, pour un total annuel de 2,1 jours.

Les jours d'orage surviennent en été, de mai à septembre.

2.1.4 **Vents**

D'après les données de Météo-France, les rafales de vent supérieures à 28 m/s sont plus fréquentes en hiver, de décembre à février. Les records ont été mesurés en décembre (35 m/s), février (36 m/s) et mars (35 m/s).

Les études du potentiel éolien réalisées par Natural Power ont permis de définir quelques schémas d'implantation optimisés sur l'aire d'étude. Ces résultats ont été pris en compte lors de l'élaboration du projet éolien du Chassepain.
La société porteuse du projet a mis en place un mât de mesure de vent qui enregistre des paramètres météorologiques (vitesse, direction, température, pression…) sur l'aire d'implantation projetée des éoliennes en fin d'été 2011.
Une évaluation de la productivité a été réalisée à partir des donnés de mesures du 1er septembre 2011 au 29 février 2012 par la société PLENR.

La vitesse moyenne du vent est de l'ordre de 6,10m/s à 94 mètres de hauteur et 6,18m/s à 100 mètres de hauteur.

Ainsi la production annuelle nette du parc éolien du Chassepain, composé de 10 turbines, serait de l'ordre de 61 000 MWh (pour la turbine VESTAS V112).

Il convient de se référer au chapitre « potentiel éolien » de l'étude d'impact du dossier général de demande d'autorisation pour prendre connaissance des détails concernant le potentiel éolien.

- **Les roses des vents présentent un flux principal de secteur Ouest/Sud-Ouest.**
- **La vitesse moyenne du vent est de l'ordre de 6,10m/s à 94 mètres de hauteur et 6,18m/s à 100 mètres de hauteur.**

III.2.2. RISQUES NATURELS

D'après le DDRM[5], les communes de La Châtre, Ardentes, Châteauroux, Etrechet, Mers-sur-Indre, Montgivray, Montipouret et Nohant-Vic présentent un risque d'inondation de l'Indre cependant, ni Saint-Août ni Saint-Chartier ne présente de risque d'inondation.

Les indices « aléas sècheresses » sont considérés comme faibles à forts pour la commune de Saint-Chartier et moyens à forts pour Saint-Août. D'après les données disponibles (cf. cartographie page suivante), il apparaît que 9 aérogénérateurs sont compris dans une zone d'aléa fort et un aérogénérateur est en zone d'aléa faible[6].

La commune de Saint-Chartier est concernée par un Plan de Prévention des Risques naturels Mouvement de terrain - Tassements différentiels approuvé le 18 juin 2001.

La valeur moyenne du nombre de jours d'orage, en France, est de 11,19, avec une moyenne de densité d'arcs de foudre au sol de 1,63 arcs / km2 / an .

D'après le site Météorage, la commune de Saint-Chartier dénombre 11 jours d'orage par an avec une densité d'arcs de 1,38 arcs par an et par km2, ce qui donne à la commune les classements respectifs de 17984ième et 21673ième sur la France.
Les communes concernées par l'aire d'étude immédiate sont situées en zone de sismicité correspondant à un aléa sismique qualifié de « faible » (indice 2) mais qui nécessite de prendre en considération des règles de construction parasismiques définies par l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » relatifs à la prévention du risque sismique.

L'activité agricole peut également être source d'incendie à proximité du projet dans certaines conditions (feux de chaumes pendant la moisson en période sèche).

Les communes de Saint-Chartier et Saint-Août, concernées par le présent projet, ne présentent pas de risques d'inondation.

Les indices « aléas retrait et gonflement des argiles » sont considérés comme faibles à forts (9 aérogénérateurs sur 10 sont en zone d'aléa fort).

La commune de Saint-Chartier est concernée par un Plan de Prévention des Risques naturels Mouvement de terrain - Tassements différentiels.

La moyenne de jours d'orage par an et la densité d'arcs au km² par an (moyenne sur les dix dernières années) sont légèrement inférieures aux moyennes françaises.

Le projet éolien est situé en zone de sismicité correspondant à un aléa sismique qualifié de « faible » (indice 2) mais qui nécessite de prendre en considération des règles de construction parasismiques définies par l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » relatifs à la prévention du risque sismique.

Des risques d'incendie autres que liés à la foudre peuvent être causés par l'activité agricole (feux de chaumes).

[5] Dossier Départemental des Risques Majeurs - Préfecture de l'Indre- Ministère de l'Ecologie et de Développement Durable- Edition 2007
[6] Infoterre.brgm.fr

III.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

III.3.1. VOIES DE COMMUNICATION

La desserte de l'aire d'implantation projetée des éoliennes se fait par la route départementale 918, depuis le Sud (Saint-Chartier) comme depuis le Nord (Saint-Août). D'après les données disponibles[7], la route départementale 918 a présenté en 2010, 1210 véhicules/jours (moyenne annuelle journalière) donnant à cet axe un caractère relativement peu structurant (< 2000 véhicules/jour, au sens de l'annexe 1 Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne).
Lors des échanges avec le Conseil Général de l'Indre pendant la recherche de la meilleure implantation possible, il a été demandé à la société porteuse du projet de respecter une distance minimale d'implantation des éoliennes équivalent à la hauteur de l'aérogénérateur prévu soit 150 mètres minimum par rapport à l'emprise du domaine public routier départemental.

En dehors de la départementale, ce sont uniquement des chemins ruraux qui assurent les dessertes des hameaux et des habitations isolées. Les chemins ruraux les plus usités (surfaces enrobées desservant quotidiennement les habitations) sont :

- Chemin rural n°58 de la Brandes des Cosses qui dessert environ 5 foyers (trafic estimé à environ 40 véhicules /jour);
- Chemin rural n°9 des Duriaux à Villechères qui dessert un foyer (trafic estimé à environ 8 véhicules /jour).

Distance d'éloignement du projet par rapport aux axes routiers et chemins ruraux :

Eoliennes	Axes	Distance
E1	Chemin rural n°7 de la Breuille à Vinceuil	210 m
E2	Chemin rural n°7 de la Breuille à Vinceuil	100 m
	Chemin rural n°9 des Duriaux à Villechères	200 m
E3	Chemin rural n°9 des Duriaux à Villechères	200 m
	Chemin rural n°7 de la Breuille à Vinceuil	80 m
E4	RD 918	160 m
E5	RD 918	230 m
	CR 19 Bois Chabin à Font Roy	200 m

[7] Comptages routiers CG 36 – comptages effectués en 2010

E6	CR de Saint-Août aux Cosses	210 m
	CR de Baudrière à la Loge de Vinceuil	180 m
E7	CR de la Baudrières aux Cosses	130 m
E8	Chemin rural n°6 de Vinceuil aux Blins	110 m
E9	Chemin rural n°6 de Vinceuil aux Blins	320 m
E10	Chemin rural n°58 de Chabin à la Font-Roy	58 m

III.3.2. RESEAUX PUBLICS ET PRIVES

3.2.1 **Transport de gaz**

Selon les indications fournies par les concessionnaires et exploitants de réseaux consultés par neoen en application du Décret n° 91-1147 du 14 octobre 1991 (cf. recueil des données de l'étude d'impact jointe à la présente étude de dangers), aucune servitude ou recommandation ne concerne la zone d'intérêt au regard du transport et de distribution de gaz.

3.2.2 **Transport d'électricité**

Selon les indications fournies par ERDF, il existe des lignes haute tension aériennes (HTA nu ou torsadé), à proximité du projet éolien :

- Le long de la route départementale 918, de Saint-Chartier à Saint-Août, traversant le Sud du projet ;
- En desserte entre Vinceuil et La Plaine, traversant le centre du projet.

Une distance minimale d'éloignement de 61 mètres par rapport à ces ouvrages a été retenue, conformément aux prescriptions dans le cadre de la recherche du projet d'implantation.

3.2.3 **Réseau d'alimentation en eau potable**

Aucun périmètre de protection de captage d'alimentation en eau potable n'est concerné par le présent projet éolien.
Des réseaux enterrés sont présents le long de certains axes routiers (AEP le long du CR n°8 de Vinceuil aux Blins et de Vinceuils aux Lignières).
D'après les données fournies, il n'est pas identifié de réseau d'assainissement.

3.2.4 **Télécommunications**

La zone d'étude n'est pas concernée par des servitudes de protection des transmissions radioélectriques civiles (Agence Nationale des Fréquences Radioélectriques), militaires (Gendarmerie) ou du Ministère de l'Intérieur (Police, Services de Secours,…).

III.3.3. AUTRES OUVRAGES PUBLICS

La zone d'étude n'est concernée par aucun autre ouvrage public que ceux énoncés précédemment.

III.4. **CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE**

Les enjeux principaux situés dans la zone d'étude sont illustrés sur la cartographie de synthèse en page suivante. Dans la zone d'étude de 500 mètres (soit environ 274 ha) autour des aérogénérateurs, les enjeux sont :

- **La présence d'axes routiers non structurant de la route départementale n°918 (1210 véhicules/jours) et routes (Chemins ruraux n°9 et 58) de desserte des habitats dispersés ,**
- **La présence de chemins chemins ruraux et d'exploitation liés à l'activité agricole du secteur,**
- **La présence d'itinéraire de petite randonnée au Sud du projet.**

Le nombre de personnes exposées[8] par secteur (champs, routes, habitations) est récapitulé dans le tableau ci-dessous. L'ensemble des routes concernées faisant moins de 2000 véh/jr, le calcul se base essentiellement sur des terrains peu aménagés et peu fréquentés.

Eoliennes	Terrain non aménagé et très peu fréquenté (1 pers/100 ha)	Terrain peu aménagé et peu fréquenté (1 pers/10 ha)	Chemin de promenade (2 pers/1 km/100 promeneurs par jour)	Total de personnes exposées
E1	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,09 personne (sur 1800 ml de 5 m soit 0,9 ha de chemin)	/	**2**
E2	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,12 personne (sur 2400 ml de 5 m soit 1,2 ha de chemin)	1 personne (sur 500 m)	**3**
E3	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,17 personne (sur 3500 ml de 5 m soit 1,7 ha de chemin)	3 personnes (sur 1500 m)	**5**
E4	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,08 personne (sur 1600 ml de 5 m soit 0,8 ha de chemin)	/	**2**
E5	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,15 personne (sur 3100 ml de 5 m soit 1,5 ha de chemin)	3 personnes (sur 1500 m)	**5**
E6	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,1 personne (sur 2000 ml de 5 m soit 1 ha de chemin)	/	**2**
E7	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,14 personne (sur 2800 ml de 5 m soit 1,4 ha de chemin)	/	**2**
E8	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,12 personne (sur 2500 ml de 5 m soit 1,2 ha de chemin)	/	**2**
E9	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,09 personne (sur 1800 ml de 5 m soit 0,9 ha de chemin)	/	**2**
E10	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,08 personne (sur 1600 ml de 5 m soit 0,8 ha de chemin)	1 personnes (sur 500 m)	**3**

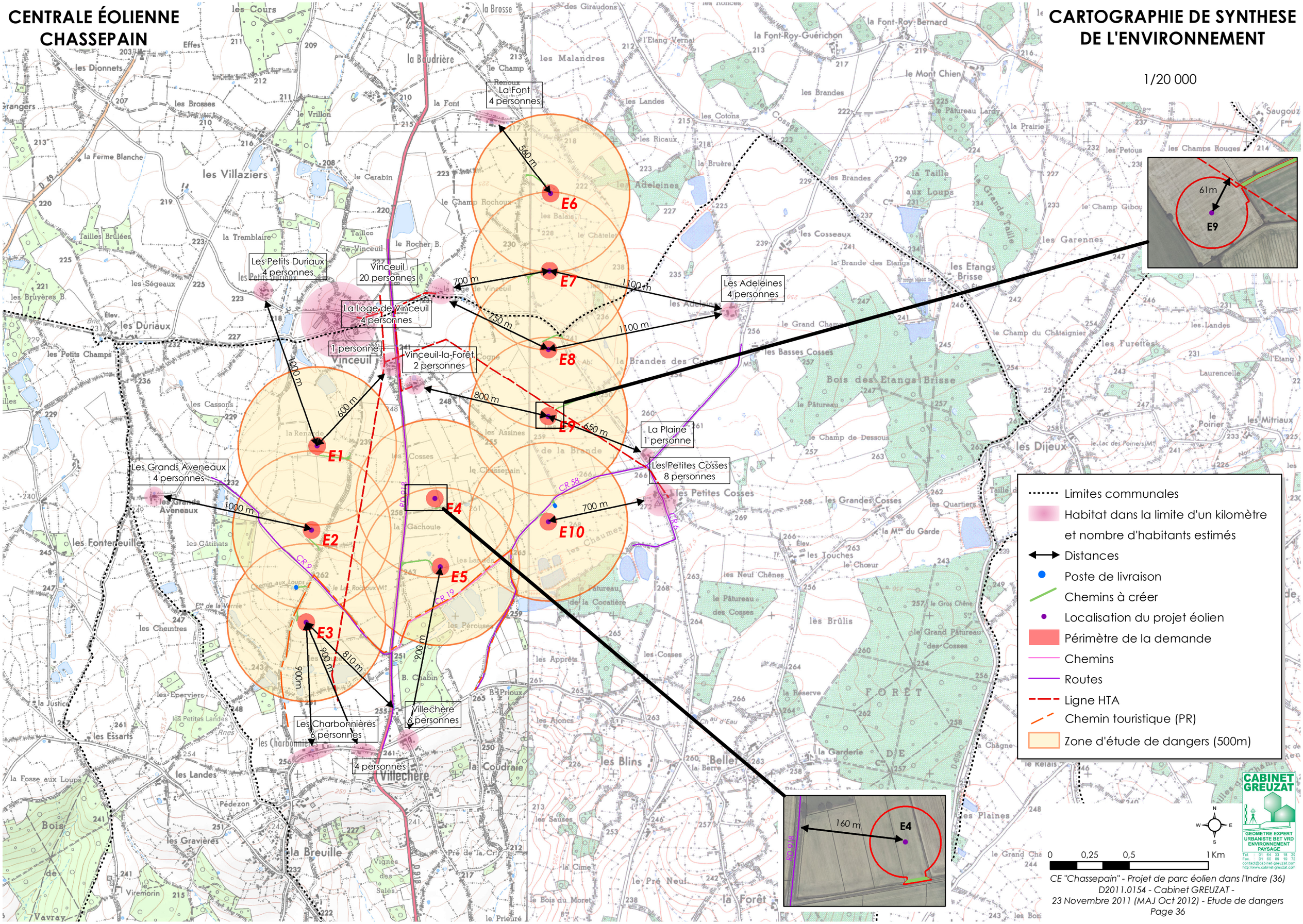
Il est cependant utile de noter que la méthode de comptage de la circulaire du 10 mai concernant les itinéraires de petite randonnée apparaît comme surévaluée compte tenu de la faible probabilité d'atteindre un potentiel de 100 promeneurs par jour et par kilomètre.

[8] Méthode de comptage des enjeux humains selon la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai relative aux méthodologies applicables aux études de dangers (en annexe de la présente étude)

CENTRALE ÉOLIENNE CHASSEPAIN

CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE DE L'ENVIRONNEMENT

1/20 000



B.IV. **DESCRIPTION DE L'INSTALLATION**

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

IV.1. **CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION**

IV.1.1. CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe IV.3.1) :

- 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.

1.1.1 **Eléments constitutifs d'un aérogénérateur**

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

- 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.

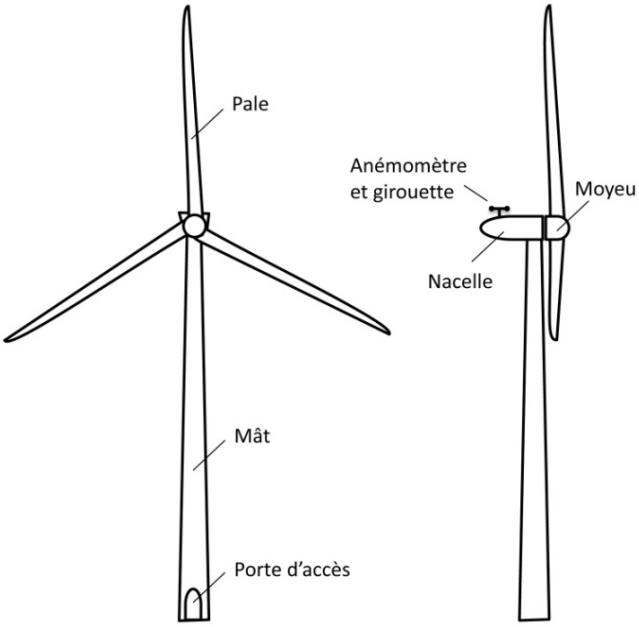


Figure 5 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

1.1.2 **Emprise au sol**

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

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

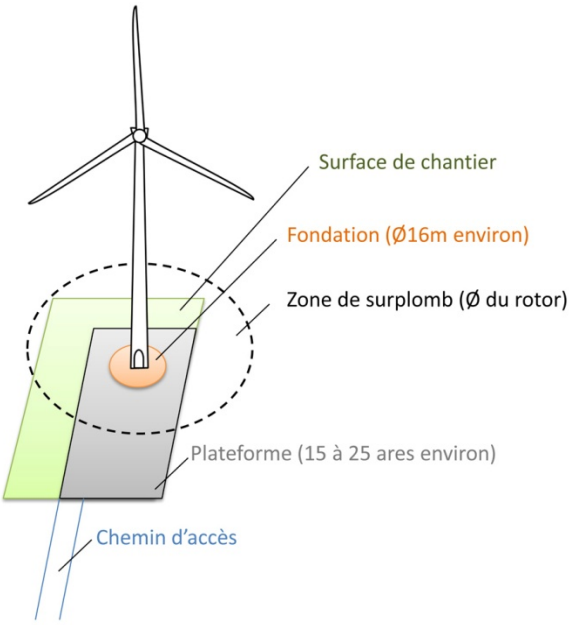


Figure 6 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

1.1.3 **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;
- De nouveaux chemins (sans issus) sont créés sur les parcelles agricoles depuis des chemins existants pour accéder aux éoliennes E1, E2, E3, E5, E6, E7, E8 et E9.

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

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

1.1.4 **Autres installations**

Il n'y a pas d'autre installation réalisée dans le cadre du projet éolien décrit. Seuls des panneaux pédagogiques d'information sur les énergies renouvelables seront implantés au niveau des postes de livraison, eux-mêmes localisés sur l'itinéraire de petite randonnée et le long du chemin rural n 58.

IV.1.2. ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien du Chassepain est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur maximale de 150 mètres en bout de pales. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

IV.1.3. COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien du Chassepain est composé de 10 aérogénérateurs et de deux postes de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur totale en bout de pale de 150 mètres.
Les 10 éoliennes projetées sont réparties de la façon suivante :

Commune	Nombre de machines	Situation géographique
Saint-Chartier	8 (E1 à E5 et E8 à E10)	Nord du territoire communal
Saint-Août	2 (E6 et E7)	Sud du territoire communal
Total	**10 éoliennes**	

Les éoliennes sont réparties suivant 3 axes parallèles à la RD 918, orientés du Nord vers le Sud et sont espacées régulièrement d'environ 590 mètres en moyenne sur chaque rang, lesquels sont espacés d'environ 840 mètres en moyenne.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison :

Eoliennes	X	Y	Z*
E1	571122,73	2188075,32	240,50
E2	571087,33	2187542,95	255,00
E3	571053,78	2186958,45	257,50
E4	571866,67	2187742,91	259,20
E5	571902,04	2187311,24	262,30
E6	572598,93	2189673,30	225,00
E7	572592,16	2189181,28	234,30
E8	572585,31	2188684,01	246,60
E9	572583,55	2188261,68	257,10
E10	572584,88	2187595,10	268,10
Poste de livraison 1	570995,97	2187183,57	260,00
Poste de livraison 2	572623,677	2187711,53	268,00

* en mètres NGF, Lambert II étendu

Il convient de se référer au plan de l'installation projetée et de ses abords au 1/2500ème joint du dossier général de demande d'autorisation pour prendre connaissance, avec détail, de l'emplacement des aérogénérateurs, postes de livraison, plateformes, chemins d'accès et réseaux électriques enterrés.

IV.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

IV.2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

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

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

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

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

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

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

Le gabarit global des aérogénérateurs est défini à 150 mètres de hauteur maximale en bout de pale. Le modèle de turbine susceptible d'être utilisée est la Vestas V112. Cependant les éoliennes Repower 3.2M114 et Nordex N117, de gabarit semblable, ont été prises en compte dans la présente étude afin de mettre en évidence d'éventuelles différences en termes de dangers pour des aérogénérateurs d'un gabarit donné. Ces trois modèles présentent des dimensions différentes représentatives du gabarit étudié.

Les caractéristiques relatives au fonctionnement de ces trois turbines sont précisées dans le tableau ci-après.

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques REPOWER 3.2M114	Caractéristiques VESTAS V112	Caractéristiques NORDEX N117
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	➡ Environ 300 m2	➡ Environ 300 m2	➡ Environ 300 m2
Mât	Supporter la nacelle et le rotor, permettre le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle Abriter une échelle, un élévateur de personnes, une armoire de contrôle et batteries d'accumulateurs (en bas), les cellules de protections électriques.	➡ Hauteur maximale des parties fixes et mobiles : 150 m ➡ Hauteur maximale à l'axe du moyeu : 93 m ➡ Diamètre de la base de la tour : 4,3 m	➡ Hauteur maximale des parties fixes et mobiles : 150 m ➡ Hauteur maximale à l'axe du moyeu : 94 m ➡ Diamètre de la base de la tour : 4,2 m	➡ Hauteur maximale des parties fixes et mobiles : 150 m ➡ Hauteur maximale à l'axe du moyeu : 91 m Diamètre de la base de la tour : 4,3 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 (les capteurs de la nacelle, la girouette, l'anémomètre reliés au système de supervision à distance)	➡ Génératrice asynchrone à courant biphasé ➡ Contrôle dynamique et individuel des pales	➡ Génératrice asynchrone à courant biphasé ➡ Contrôle dynamique et individuel des pales	➡ Génératrice asynchrone à courant biphasé ➡ Contrôle dynamique et individuel des pales

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques REPOWER 3.2M114	Caractéristiques VESTAS V112	Caractéristiques NORDEX N117
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	➡ Nombre de pales : 3 ➡ Diamètre du rotor : 114 m ➡ Vitesse maximale du rotor : 12,6 tr/min	➡ Nombre de pales : 3 ➡ Diamètre du rotor : 112 m ➡ Vitesse maximale du rotor : 12,8 tr/min	➡ Nombre de pales : 3 ➡ Diamètre du rotor : 117 m ➡ Vitesse maximale du rotor : 13,2 tr/min
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	➡ Transformateur intégré au mat de l'éolienne	➡ Transformateur sec à l'arrière de la nacelle augmentant **la tension à 20 000 V** Un câble (20 000 V) relie la nacelle et les cellules de protection du réseau disposées dans une armoire en partie basse de la tour.	➡ Transformateur intégré au mat de l'éolienne
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	➡ Environ 20m² sur plate forme d'environ 75 m²	➡ Environ 20m² sur plate forme d'environ 75 m² ➡ Equipé : d'appareil de comptage d'énergie indiquant l'énergie soutirée au réseau mais également celle injectée, de protection générale des éoliennes et du réseau inter-éolien en cas de défaut sur le réseau électrique amont.	➡ Environ 20m² sur plate forme d'environ 75 m²

IV.2.2. SECURITE DE L'INSTALLATION

2.2.1 **Principes généraux**

Les éoliennes ont considérablement évolué depuis les premières machines industrielles développées après les chocs pétroliers des années 1970 et continuent à évoluer pour améliorer notamment la productivité des machines (performances) mais également leur sécurité.

Les éoliennes qui seront mises en place seront dotées des dernières technologies en matière de fonctionnement (multiplicateur, alternateur, convertisseur, refroidissement) mais également de systèmes de surveillance et de contrôle.

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

- les aérogénérateurs sont situés à plus de 500 mètres de toute construction à usage d'habitation ;
- le site dispose en permanence de voies d'accès aux éoliennes, entretenues, permettant l'intervention des services d'incendie et de secours;
- les installations électriques respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 (concernant la réglementation européenne relative à la sécurité, les exigences essentielles sont fixées par la directive «machines» n°2006/42/CE) qui leur sont applicables ;
- tous les aérogénérateurs du parc seront équipés de systèmes de détection d'entrée en survitesse ou d'incendie et de moyen de lutte contre l'incendie (au moins 2 extincteurs, au sommet et au pied de chaque aérogénérateur) ;
- tous les aérogénérateurs du parc seront équipés d'un système de détection ou de déduction de formation de glace sur les pales ;
- aucun produit ou matériau ne sera stocké à l'intérieur de l'aérogénérateur.

Deux phases distinctes présentent des enjeux totalement différents en matière de sécurité : la phase de construction ou de démantèlement des éoliennes et la phase d'exploitation courante du parc éolien.

Il convient de se reporter à l'annexe 7 de la présente étude de dangers qui synthétise les dispositifs de sécurité et de maintenance des turbines étudiées.

2.2.2 **Normes et standard de construction**

La liste des codes et standards appliqués pour la construction des éoliennes utilisées pour le projet du Chassepain ci-après n'est pas exhaustive car il y a en effet des centaines de standards applicables. Seuls les principaux standards sont présentés ci-dessous :
La norme IEC61400-1 intitulée « 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.

- La nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard : IEC61400-1.
- Les pales respectent le standard IEC61400-1 ;12 ;23.
- La génératrice est construite suivant le standard IEC60034,
- La conception du multiplicateur répond aux règles fixées par la norme ISO81400-4,
- La protection de la foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4,
- Les éoliennes répondent aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques, notamment la directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004,
- Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air. Le traitement anticorrosion répond à la norme ISO 12944.

Le type d'éolienne retenu sera déjà certifié CE. Il fera l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), et certifications pour les étapes majeures du chantier par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables.

2.2.3 **Prévention des accidents de chantier**

1. <u>Intervention des entreprises extérieures</u>

Sur le site, un plan de prévention sera établi pour toute intervention d'une entreprise extérieure. Le donneur d'ordre, responsable du travail, sera le seul interlocuteur valable du responsable de l'entreprise extérieure quant à l'information ou aux autorisations nécessaires à l'exécution des travaux. Le responsable sécurité nommé par l'entreprise extérieure sera présent durant les opérations pour veiller au respect des normes de sécurité.

2. <u>Gestion des situations d'urgence</u>

Des instructions pour les cas d'urgence décriront les consignes à tenir en cas d'accident. Ces différentes consignes seront présentes sur les « plans et consignes de sécurité » qui seront affichés aux points de passage du personnel (accès, locaux de chantier).

2.2.4 **Prévention des accidents pendant l'exploitation**

En fonctionnement normal du parc éolien, les éoliennes font l'objet d'une surveillance à distance des principaux paramètres :

- vent ;
- température ;
- humidité ;
- production ;
- etc.

Cette surveillance permet d'identifier en temps réel un éventuel dysfonctionnement et la nécessité d'une intervention sur le site.
Il convient de se référer à l'annexe 7 page qui décrit les différents dispositifs de sécurité et de maintenance des turbines étudiées page 120.

1. Système de freinage

Les éoliennes étudiées sont équipées de deux dispositifs de freinage à sûreté intégrée qui sont indépendants l'un de l'autre :

- **système aérodynamique de freinage** : le principal système de freinage des éoliennes est le système de freinage aérodynamique qui consiste à pivoter les pales d'environ 90° autour de leur axe longitudinal. **Ce système est actionné par des ressorts afin d'assurer son fonctionnement même en cas de coupure du courant électrique**. Il est activé automatiquement si la pression du système hydraulique de l'éolienne chute. Ce système arrête l'éolienne au bout de quelques rotations.

- **système mécanique de freinage** : le frein mécanique est employé comme système de secours au système aérodynamique de freinage et comme frein de stationnement une fois l'éolienne arrêtée.

2. Système de balisage

Les éoliennes étudiées sont équipées des dispositifs réglementaires lumineux diurne et nocturne de signalisation vis-à-vis de la circulation aérienne. Ces dispositifs sont vérifiés régulièrement et sont conformes à la réglementation pour le balisage des éoliennes (arrêté du 13/11/2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques).

3. Système de sécurité contre la foudre

D'une manière générale, chacune des éoliennes étudiées est équipée d'un paratonnerre avec liaison dans le sol ce qui permet de limiter les risques de départ d'incendie suite à un impact de foudre.
Des para-surtenseurs sont présents sur les circuits électriques basse tension. Des habillages spécifiques des pales (éléments les plus sensibles à la foudre) assurant une meilleure protection de la pale et un enregistrement d'impact permettant de connaître le nombre et l'intensité d'impact pourront être mis en œuvre (Vestas V112).

4. Système de sécurité contre le gel

Un système de détection de glace est présent, à minima sur l'ensemble des turbines étudiées conformément à la réglementation. Ce système de détection vise à mettre l'éolienne en arrêt en cas de présence de glace sur la nacelle, voire sur les pales. Son redémarrage ne peut être fait qu'après un contrôle sur site et acquittement local du défaut. Il n'y a actuellement pas de vérification à distance possible mais des études sont en cours chez certains turbiniers afin de mettre un dispositif plus fiable de détection de glace sur les pales et de système de dégivrage (Vestas V112).
Un affichage du danger sera mis en place.

Il est à noter que les périodes de givre ne correspondent pas aux périodes de forte activité agricole ou de fréquentation touristique.

5. Système de sécurité contre l'incendie

L'ensemble des turbines étudiées est équipé de système de détection (détecteur de fumée, de température élevée) et d'alarme incendie, à l'intérieur de l'éolienne et à distance. Chaque turbine est équipée d'extincteurs en pied de mât et en nacelle.

2.2.5 **Moyens de secours et d'intervention**

1. Moyens internes

Sur le site ou en cas d'opérations de maintenance, les éoliennes sont équipées des moyens de sécurité et d'intervention suivants :

- extincteur portatif et couverture anti feu dans la nacelle ;
- dispositif de coupure d'urgence dans la nacelle et à l'intérieur du pied du mât de l'éolienne ;
- disjoncteurs des sources de courant électrique.

Le personnel de maintenance disposera de qualifications spécifiques et des moyens d'alerte des secours. Une surveillance régulière du parc sera réalisée à distance et en continu, via un réseau de surveillance ADSL permettant de suivre la production et les messages d'alerte en cas de dysfonctionnement ou de panne. En parallèle, une équipe d'exploitation interrogera deux fois par jour les informations disponibles sur le parc éolien.

2. Moyens externes

En cas d'évènement indésirable non maîtrisé, il sera fait appel à la Gendarmerie et aux pompiers.

Les Maires des communes concernées seront alertés.

IV.2.3. OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Conformément à la directive 98/37/CE les machines feront l'objet de contrôles réguliers par des contrôleurs agréés. Le rythme de passage, au moins annuel, sera fixé et fera l'objet d'un engagement écrit auprès des autorités compétentes.

Les éoliennes font l'objet d'une **maintenance préventive régulière** (tous les 3 à 6 mois) **et corrective** par un personnel compétent et spécialisé.

- maintenances préventives ou correctives : 2 à 4 personnes peuvent être simultanément présentes sur le parc éolien ;
- maintenance lourdes (changement de pâle, de multiplicateur, de génératrice, etc.). De 10 à 15 personnes peuvent être simultanément présentes sur le parc éolien.

Les maintenances portent sur le fonctionnement mécanique et électrique ainsi que l'état des composants et des structures de la machine. Notamment, les brides de fixation, les brides de mat et la fixation des pales font l'objet d'un contrôle (vérification régulière des couples de serrage).

Par ailleurs, une inspection visuelle de la machine et des pales sera réalisée lors des maintenances préventives afin de détecter des éventuelles fissures ou défauts.

IV.2.4. STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

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

IV.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

Il convient de se référer au plan masse général du projet (situation de l'installation page 24) pour prendre connaissance du tracé de principe des réseaux électriques du parc éolien du Chassepain.

IV.3.1. RACCORDEMENT ELECTRIQUE

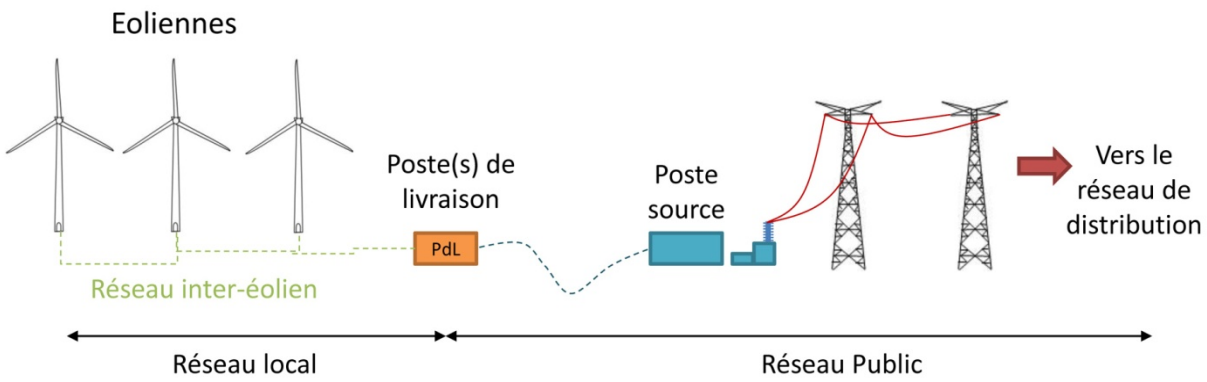


Figure 7 : Raccordement électrique des installations

3.1.1 **Réseau inter-éolien**

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne[9], 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.

3.1.2 **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.

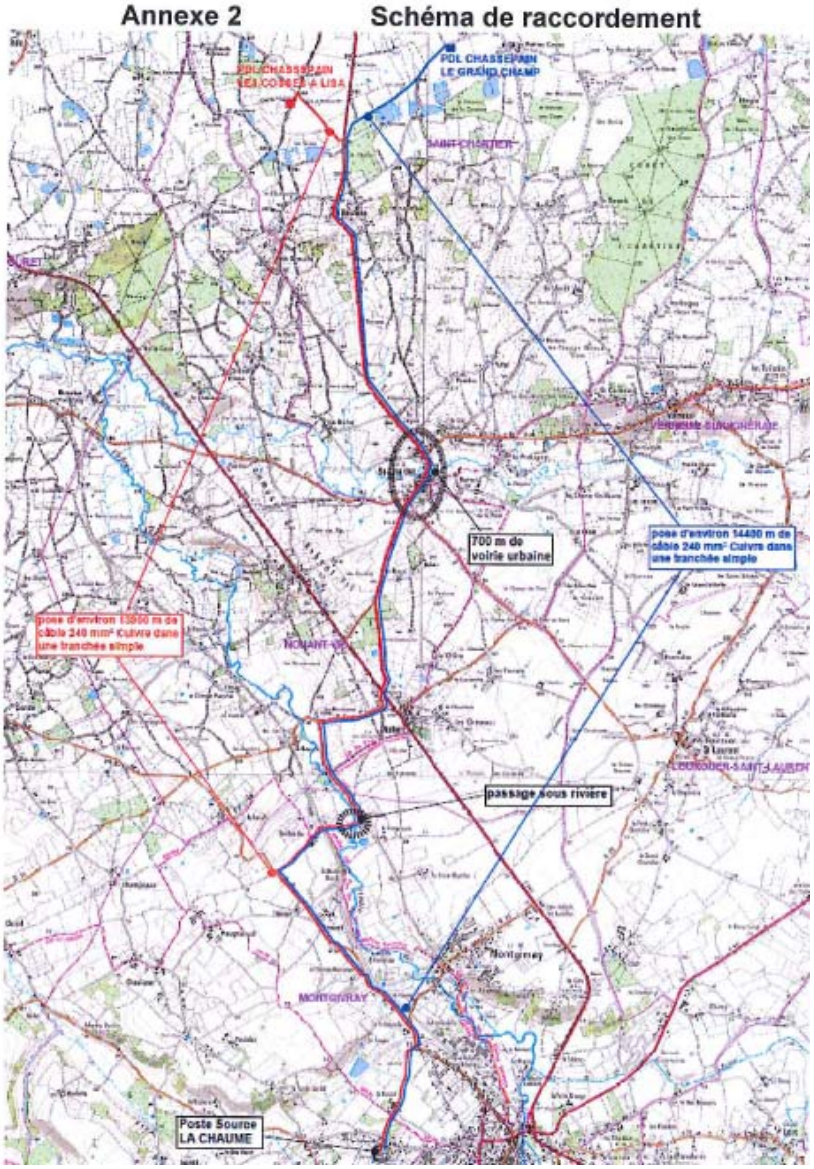
[9] Si le transformateur n'est pas intégré au mât de l'éolienne, il est situé à l'extérieur du mât, à proximité immédiate, dans un local fermé.

Les type de câbles utilisés seront de 20000 V triphasé (3 câbles torsadés de 95 à 240 mm² de section, alu ou cuivre, isolés). La profondeur d'enfouissement dans les champs avoisinera 1,20 mètres et le long des chemins de 0,80 à 1mètre de profondeur.

Les postes de livraison du parc éolien du Chassepain se situent entre les éoliennes n° 2 et 3 (CR dit Chemin aux Loups) et au niveau de l'éolienne E10, le long du CR n° 19 (Bois de Chabin à la Font Roy).

3.1.3 **Réseau électrique externe**

Le réseau électrique externe relie les postes de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ERDF- Électricité Réseau Distribution France). Il est lui aussi entièrement enterré.
La carte de situation de l'installation au 1/12500ème présente le raccordement interne projeté par la société porteuse du projet. Celui-ci sera enterré et empruntera essentiellement les axes des chemins et routes existantes.



Concernant le raccordement externe, l'étude d'impact présente l'une des possibilités de raccordement suivant au poste source de La Chatre (La Chaume).

Figure 8 : schéma de raccordement fourni par ERDF Région Auverge-Centre-Limousin en mai 2012

IV.3.2. AUTRES RESEAUX

Le parc éolien du Chassepain 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.

B.V. **IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION**

Ce chapitre de l'étude de dangers a pour objectif de mettre en évidence les éléments de l'installation pouvant constituer un danger potentiel, que ce soit au niveau des éléments constitutifs des éoliennes, des produits contenus dans l'installation, des modes de fonctionnement, etc.
L'ensemble des causes externes à l'installation pouvant entraîner un phénomène dangereux, qu'elles soient de nature environnementale, humaine ou matérielle, seront traitées dans l'analyse de risques.

V.1. **POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS**

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.
Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien du Chassepain 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 les postes de livraison.

V.2. **POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION**

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien du Chassepain 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

V.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

V.3.1. PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES

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.

Il convient de se référer au chapitre Raisons des choix du projet pour connaître l'ensemble des éléments retenus (cf. Etude d'impact du dossier général de demande d'autorisation). Cependant, l'implantation retenue pour le projet du Chassepain s'appuie sur :

➡ Disposition selon trois lignes orientées Nord / Sud et limitation du parc à 10 éoliennes :

- Optimale par rapport au potentiel de vent du secteur étudié (le moins de perte de sillage possible);
- Optimale par rapport au contexte foncier (absence de survol des parcelles sans maîtrise foncière ou accord des propriétaires, répartition équitable des implantations des aérogénérateurs et poste de livraison vis-à-vis de l'ensemble des propriétaires) ;
- Un impact moyen vis-à-vis de la création de chemins d'accès ;

- La moins impactante vis-à-vis des sensibilités écologiques (aérogénérateurs situés dans les zones les moins sensibles définies par Indre Nature) ;
- Globalement la plus cohérente vis-à-vis de la structure viaire principale (alignements parallèles à la route départementale 918).
- Impacts globalement plus faibles sur les activités agricoles, les milieux naturels, le paysage et les perceptions visuelles proches.

➡ Concernant la sensibilité sismique

En application de l'article 4 de l'arrêté du 22/10/2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe du site « à risque normal », les constructions des aérogénérateurs et des postes de livraison feront l'objet de contrôles techniques spécifiques au stade de la conception comme au stade de la construction (cf. annexe 8 de la présente étude : Attestations du contrôleur technique établissant qu'il a fait connaître au maitre d'ouvrage de la construction son avis sur la prise en compte au stade de la conception des règles parasismiques).

➡ Concernant le risque lié au retrait gonflement des argiles

La société porteuse du projet assurera tant lors de la conception que lors de la réalisation, toutes les études nécessaires (études géotechniques, sondages) et les contrôles techniques afin de maîtriser le risque lié à cette problématique. Notamment, les fondations seront dimensionnées en fonction des caractéristiques des sols destinés à l'implantation des aérogénérateurs.

La société porteuse du projet oriente son choix d'éoliennes vers des machines présentant des évaluations de conformités (tant lors de la phase de conception que lors de la construction), des certifications (certifications CE) par un organisme agréé et des déclarations de conformité aux standards et directives applicables (cf. chapitre précédent IV.2.2 Sécurité de l'installation, page 44).

Il est à rappeler que l'étude d'impact a été réalisée à partir de modèles d'éoliennes présentant un gabarit **maximal** de 150 mètres (hauteur bout de pale) destiné à maximiser tous les effets sur l'environnement. Les caractéristiques techniques (notamment les dimensions) utilisées dans la présente étude de dangers sont également maximisantes.

Les mesures de réduction des potentiels de dangers liés aux événements décrits ci-après sont listées à la suite de l'événement considéré :

➡ <u>En cas de coupure du réseau électrique général</u> :

- l'éolienne est mise en sécurité avec un arrêt progressif du rotor ;
- l'alimentation du balisage lumineux est assurée pendant une durée minimum de 12 heures grâce à des onduleurs ;
- les systèmes de commande sont également assurés temporairement à l'aide de ces mêmes onduleurs (qui permettent également de palier aux dysfonctionnements dus aux microcoupures du réseau).

➡ <u>En cas de dépassement de la vitesse maximale de vent</u>, le frein principal de l'éolienne (frein aérodynamique) est déclenché, évitant ainsi une survitesse de rotation des pales.

➡ <u>En cas de températures négatives</u>, un système de détection de formation de glace sur les pales permet de limiter les risques liés aux projections ou à la chute de glace.

➡ En cas d'orage, les éoliennes sont équipées d'un système de protection contre la foudre pour répondre à la classe I :

- les pales, le pied et la nacelle sont munis de pastilles ou de plaques en acier inoxydable reliés électriquement entre eux, à la tour, reliée elle-même au réseau de terre, évacuant le courant de foudre ;
- d'autres équipements (générateur, châssis du transformateur, sortie basse tension du transformateur, mais également les capteurs de vents et les dispositifs de balisage lumineux) sont également reliés à la terre ;
- les circuits électriques et les équipements sont protégés des surtensions et des surintensités.

➡ En cas de vibrations :

Des détecteurs de vibrations sont implantés sous le multiplicateur afin de détecter les anomalies de la chaine cinématique dues à un balourd du rotor, à un début de casse du multiplicateur, ou à l'accumulation de glace sur les pales. Ces détecteurs provoquent un arrêt d'urgence de l'éolienne en cas de déclenchement.

➡ En matière de risque d'incendie :

- les risques liés aux nombreux systèmes électriques sont réduits par l'application stricte des normes dans ce domaine ;
- les produits hydrauliques et lubrifiants sont à haut point d'éclair par rapport aux températures réellement atteintes ;
- les matériaux combustibles sont limités et possèdent des propriétés de faible inflammabilité ;
- les stockages de produits neufs ou de déchets (huiles, bidons et chiffons usagés, etc.) sont interdits à l'intérieur des aérogénérateurs ;
- une maintenance régulière des aérogénérateurs est assurée : systèmes mécaniques, systèmes électriques, systèmes de protection contre la foudre ;
- une maintenance régulière et des essais des systèmes de détection d'incendie seront assurés ;
- l'interdiction de fumer à l'intérieur des aérogénérateurs sera affichée et le personnel informé des risques d'incendie ;
- les aérogénérateurs seront équipés de moyens de lutte contre l'incendie.

➡ En matière de risque de fuite d'huile :

Les éoliennes sont équipées de détecteurs de niveau d'huile sur les différents organes qui en contiennent (boîte de vitesse, système hydraulique, générateur, etc.) permettant de prévenir les éventuelles fuites et d'arrêter les éoliennes en cas d'urgence.

De plus, lors des opérations de vidange, le transfert d'huile s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes.

En cas de fuite, les véhicules de maintenance sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent :

- de contenir et arrêter la propagation de la pollution ;
- d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides et de produits chimiques ;
- de récupérer les déchets absorbés.

Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, des sociétés spécialisées interviendront pour récupérer et traiter les terres souillées via des filières adéquates.

V.3.2. UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

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

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

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

B.VI. **ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE**

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

VI.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 du Chassepain. 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 :

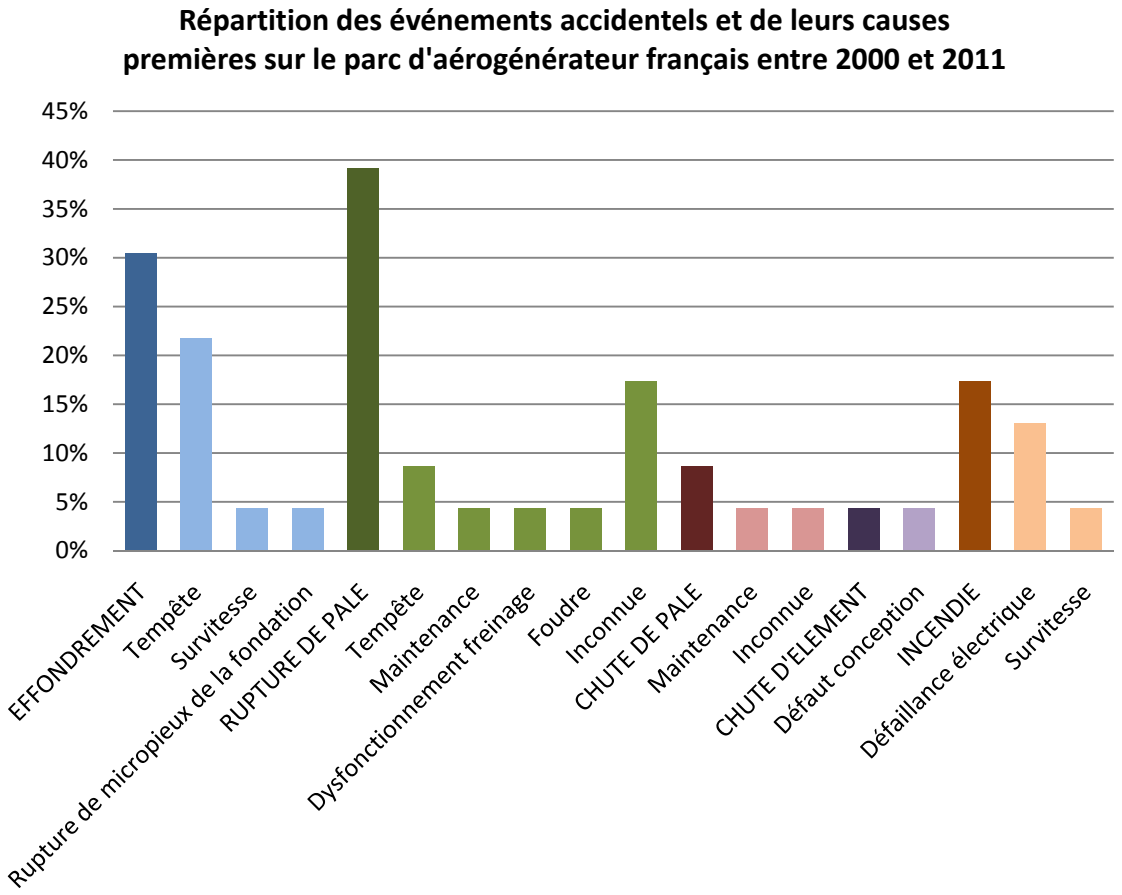
- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004)
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens
- Site Internet de l'association « Vent de Colère »
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable »
- 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.



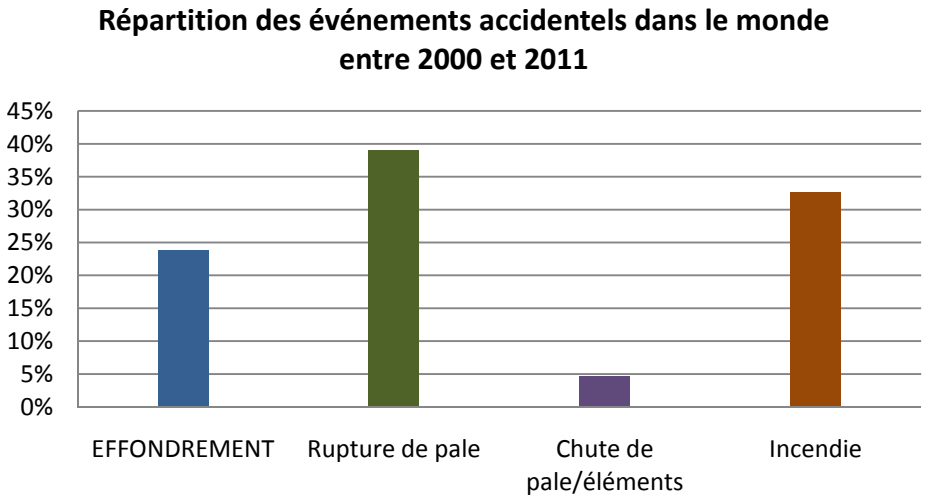
Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les effondrements, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. La principale cause de ces accidents est les tempêtes.

VI.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

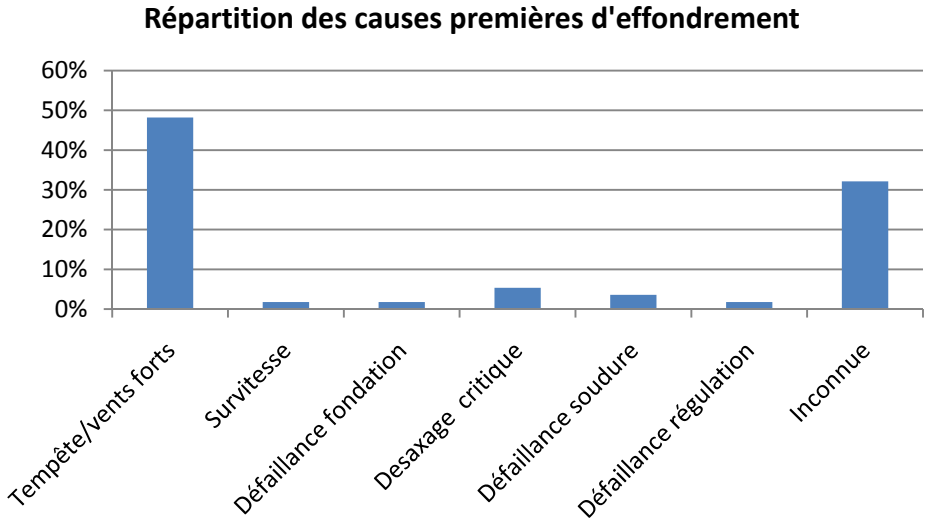
Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010.

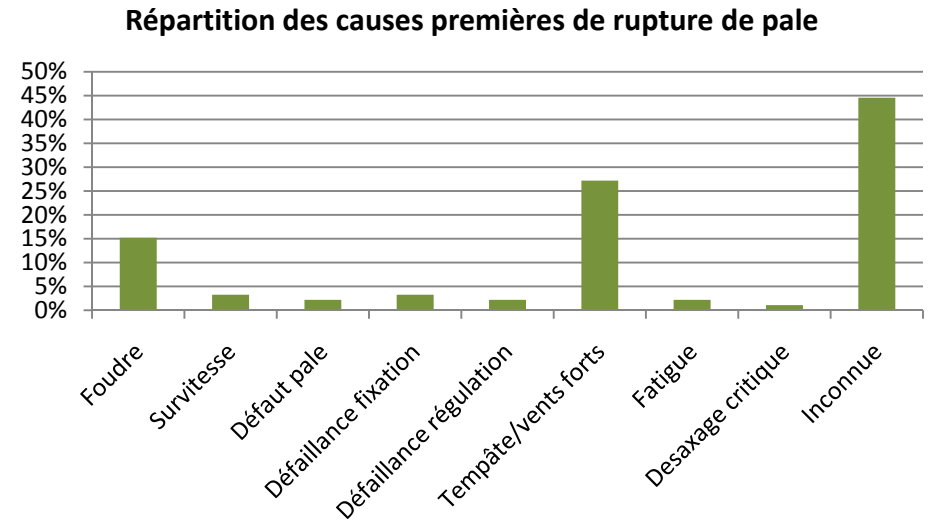
La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des « 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.

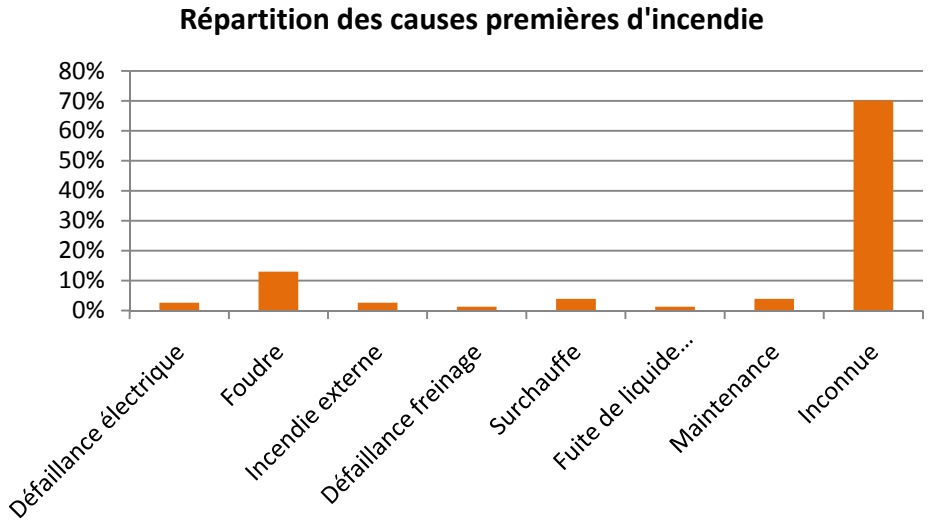
Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.



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).


Répartition des causes premières d'effondrement
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
Tempête/vents forts
Survitesse
Défaillance fondation
Desaxage critique
Défaillance soudure
Défaillance régulation
Inconnue


Répartition des causes premières de rupture de pale
50%
45%
40%
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
Foudre
Survitesse
Défaut pale
Défaillance fixation
Défaillance régulation
Tempête/vents forts
Fatigue
Desaxage critique
Inconnue


Répartition des causes premières d'incendie
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
Défaillance électrique
Foudre
Incendie externe
Défaillance freinage
Surchauffe
Fuite de liquide...
Maintenance
Inconnue

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

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

Le présent projet ne concerne ni une extension de parc existant ni une révision de l'étude de dangers. La société Centrale Eolienne Chassepain n'exploite pas encore de parc éolien.
Parmi les parcs éoliens exploités par la société mère, NEOEN, aucun accident majeur n'est à déplorer.

VI.4. SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

VI.4.1. ANALYSE DE L'EVOLUTION 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.

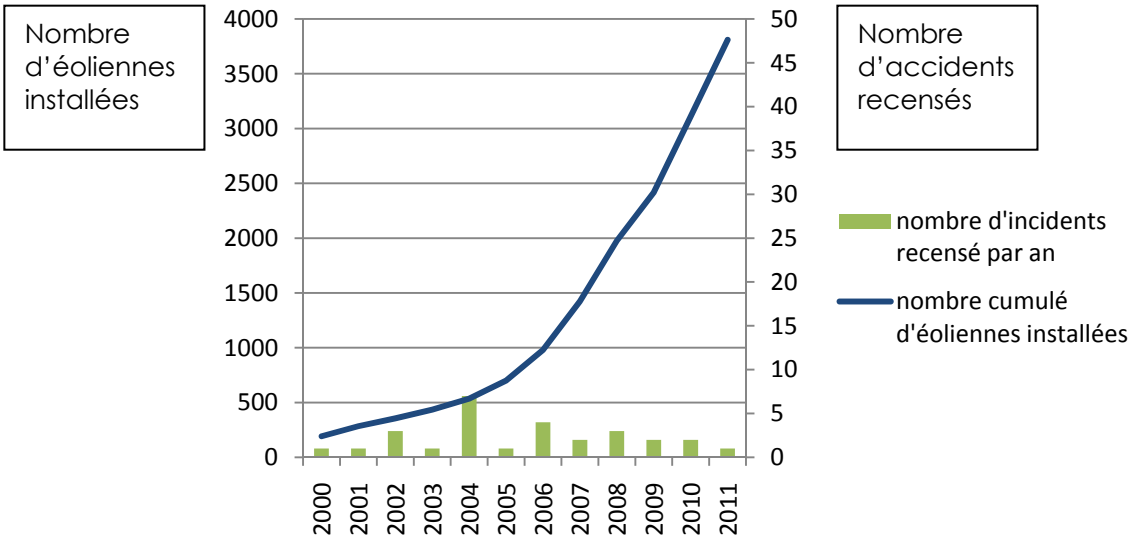


Figure 9 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

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

VI.4.2. ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS

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

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

VI.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.

B.VII. **ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES**

VII.1. **OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES**

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

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

VII.2. **RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES**

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

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

D'autre part, plusieurs autres agressions externes qui ont été détaillées dans l'état initial peuvent être exclues de l'analyse préliminaire des risques car les conséquences propres de ces événements, en termes de gravité et d'intensité, sont largement supérieures aux conséquences potentielles de l'accident qu'ils pourraient entraîner sur les aérogénérateurs. Le risque de sur-accident lié à l'éolienne est considéré comme négligeable dans le cas des événements suivants :

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

VII.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

VII.3.1. AGRESSION EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

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

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes (mesuré à l'axe du mat)									
					E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	/	/	/	150 m* de RD 918	/	/	/	/	/	/
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	/	/	/	/	/	/	/	/	61 m ligne HTA ERDF	/
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	/	/	/	E4/E5 432 m		E6/E7 490 m	E7/E8 495 m	E8/E9 420 m		
Autres activités industrielles	diverses	Accident majeur impliquant des substances ou préparations dangereuses		500 m	Il n'y a pas d'activité industrielle au voisinage de l'aire d'implantation projetée des éoliennes. Il n'y a aucune installation classée pour la protection de l'environnement, notamment à risque majeur dans cette aire et notamment celles soumises à l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses									
Agriculture	Production agricole	Engin percutant une éolienne ou le poste de livraison Feux de chaumes	Dégradation ou incendie Arrêt ou coupure de l'alimentation du courant depuis le poste de livraison	200 m	3 m	3 m	3 m	3 m	3 m	3 m	3 m	3 m	3 m	3 m

*conformément aux préconisations du Conseil Général de l'Indre

VII.3.2. AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	Les rafales de vent supérieures à 28 m/s sont plus fréquentes en hiver, de décembre à février. Les records ont été mesurés en décembre (35 m/s), février (36 m/s) et mars (35 m/s). Les études réalisées par la société PlenR ont permis d'évaluer que la vitesse moyenne du vent est de l'ordre de 6,10m/s à 94 mètres de hauteur et 6,18m/s à 100 mètres de hauteur, selon un flux Sud-Ouest/Nord-Est. Le projet éolien n'est pas compris dans une zone affectée par des cyclones tropicaux
Températures extrêmes	Les températures ne sont en moyenne jamais négatives. La température la plus basse a atteint -22,8 °C en janvier 1985 et en février 1929. Les températures sont inférieures à 0 °C en moyenne 52 jours par an (principalement de décembre à février).
Foudre	La norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305 – 3 (Décembre 2006) sera respectée
Glissement de sols/ affaissement miniers	Non concerné

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.

VII.4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE 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).

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

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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	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.

Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe 3 de la présente étude.

VII.5. EFFETS DOMINOS

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

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

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

Il n'y a aucune autre installation ICPE dans un rayon de 100 mètres autour des éoliennes du présent projet.

VII.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc du Chessepain. 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.
  NA : non applicable

Fonction de sécurité	**Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace**	**N° de la fonction de sécurité**	**1**
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage se fera après inspection visuelle sur site et acquittement local du défaut.		
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		
Fonction de sécurité	**Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace**	**N° de la fonction de sécurité**	**2**
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Visualisation des informations des différents capteurs au travers du système de surveillance à distance. Détection d'information non concordante d'un des capteurs.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	**Prévenir les courts-circuits**	**N° de la fonction de sécurité**	**5**
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	**Prévenir les effets de la foudre**	**N° de la fonction de sécurité**	**6**
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours		
Description	Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabriquant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	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

Fonction de sécurité	**Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)**	**N° de la fonction de sécurité**	**9**
Mesures de sécurité	Réalisation d'étude géotechnique préalable à la mise en œuvre des fondations compte tenu de l'aléa fort lié au retrait gonflement des argiles 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 1 an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité de 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	**Prévenir les erreurs de maintenance**	**N° de la fonction de sécurité**	**10**
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Check liste de maintenance établie à chaque intervention. Certification ISO 9001 de la société de maintenance.		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 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	vérification de la vitesse de mise en drapeau des pales en cas d'urgence, à la mise en service + une fois par an, lors de la maintenance.		
Maintenance	/		
Fonction de sécurité	**Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques**	**N° de la fonction de sécurité**	**12**
Mesures de sécurité	Ne s'applique pas au présent projet		
Description	Ne s'applique pas au présent projet		
Indépendance	Ne s'applique pas au présent projet		
Temps de réponse	Ne s'applique pas au présent projet		
Efficacité	Ne s'applique pas au présent projet		
Tests	Ne s'applique pas au présent projet		
Maintenance	Ne s'applique pas au présent projet		

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

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

VII.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m^2 n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistants du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

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

B.VIII. **ETUDE DETAILLEE DES RISQUES**

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

Le parc éolien du Chassepain est composé d'aérogénérateurs présentant une hauteur maximale en bout de pale de 150 mètres.

Le modèle de turbine susceptible d'être utilisée est la Vestas V112. Cependant les éoliennes Repower 3.2M114 et Nordex N117, turbines de gabarit semblable, ont été prises en compte dans la présente étude afin de mettre en évidence d'éventuelles différences en termes de dangers pour des aérogénérateurs d'un gabarit donné. Dans le cadre des calculs lors de la caractérisation des scénarios retenus, les dimensions de ces trois turbines sont utilisées.

VIII.1. RAPPEL DES DEFINITIONS

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005.
Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et les effets toxiques.
Cet arrêté est complété par la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers.
Force est néanmoins de constater que ce sont les seuls phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des éoliennes.

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

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

VIII.1.1. CINETIQUE

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

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

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

VIII.1.2. INTENSITE

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

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

Or, les seuils d'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.

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

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

VIII.1.3. GRAVITE

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

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

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

VIII.1.4. PROBABILITE

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

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

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

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

Il convient de noter que la probabilité qui sera évaluée pour chaque scénario d'accident correspond à la probabilité qu'un événement redouté se produise sur l'éolienne (probabilité de départ) et non à la probabilité que cet événement produise un accident suite à la présence d'un véhicule ou d'une personne au point d'impact (probabilité d'atteinte). En effet, l'arrêté du 29 septembre 2005 impose une évaluation des probabilités de départ uniquement.
Cependant, on pourra rappeler que la probabilité qu'un accident sur une personne ou un bien se produise est très largement inférieure à la probabilité de départ de l'événement redouté.
La probabilité d'accident est en effet le produit de plusieurs probabilités :

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

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

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

VIII.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

VIII.2.1. EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE

2.1.1 Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m dans le cas des éoliennes du parc du Chassepain et ce quelque soit le modèle retenu parmi les trois turbines étudiées.
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.

2.1.2 Intensité

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

Les tableaux ci-dessous permettent d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Chassepain, avec chacune des turbines étudiées.

1. Repower 3.2M114

- R = la longueur de pale soit 57 mètres, de forme triangulaire avec une base de largeur LB de 3 mètres,
- H = la hauteur du mât soit 93 mètres,
- L = la largeur du mât soit 4,3 mètres.

Effondrement de l'éolienne Repower 3.2M114 (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
*(H) x L + 3*R*LB/2* ***656 m²***	*=π x (H+R)²* ***70 686 m²***	*(Zi/Ze)x100* ***0,9%*** *(<1%)*	***exposition modérée***

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

2. Vestas V112

- R = la longueur de pale soit 56 mètres, de forme triangulaire avec une base de largeur LB de 3 mètres,
- H = la hauteur du mât soit 94 mètres,
- L = la largeur du mât soit 4,2 mètres.

Effondrement de l'éolienne Vestas V112 (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
*(H) x L + 3*R*LB/2* ***647 m²***	*=π x (H+R)²* ***70 686 m²***	*(Zi/Ze) x100* ***0,9%*** *(<1%)*	***exposition modérée***

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

3. Nordex N117

- R = la longueur de pale soit 58,5 mètres, de forme triangulaire avec une base de largeur LB de 3 mètres,
- H = la hauteur du mât soit 91 mètres,
- L = la largeur du mât soit 4,3 mètres.

Effondrement de l'éolienne Nordex N117 (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
*(H) x L + 3*R*LB/2* ***655 m²***	*=π x (H+R)²* ***70 215 m²***	*(Zi/Ze) x100* ***0,9%*** *(<1%)*	***exposition modérée***

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

La zone d'impact majorante concerne la turbine Repower 3.2M114 avec une surface de 656 m². La zone d'effet maximum est de 70 686 m² soit un rayon de 150m (gabarit maximal) pour les éoliennes Repower et Vestas. L'intensité du risque d'effondrement (lié au degré d'exposition) pour les trois turbines étudiées représente une exposition modérée.

2.1.3 **Gravité**

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

- 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)		
Eolienne	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
E1	1 personne par tranche de 100 ha, soit 0.07 personnes	**1** Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »
E2	1 personne par tranche de 100 ha, soit 0.07 personnes 1 personne par tranche de 10 ha, soit 0.1 personne (CRn°7 sur 250 m)	**2** Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »
E3	1 personne par tranche de 100 ha, soit 0.07 personnes 2 personnes par km pour 100 personnes/jour, soit 0,6 personnes sur 300 m	**3** Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »
E4	1 personne par tranche de 100 ha, soit 0.07 personnes 1 personne par tranche de 10 ha, soit 0.1 personne (CR 7 sur 350 m)	**2** Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »
E5	1 personne par tranche de 100 ha, soit 0.07 personnes	**1** Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »
E6	1 personne par tranche de 100 ha, soit 0.07 personnes	**1** Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »
E7	1 personne par tranche de 100 ha, soit 0.07 personnes	**1** Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
E8	1 personne par tranche de 100 ha, soit 0.07 personnes 1 personne par tranche de 10 ha, soit 0.1 personne (CR 6 sur 250 m)	**2** Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »
E9	1 personne par tranche de 100 ha, soit 0.07 personnes	**1** Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »
E10	1 personne par tranche de 100 ha, soit 0.07 personnes 1 personne par tranche de 10 ha, soit 0.1 personne (CR 6 sur 250 m)	**2** Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »

Chaque zone d'effet compte environ 7 ha. Les zones d'effets des éoliennes E1, E5, E6, E7, E9 comportent des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Les zones d'effets des éoliennes E2, E4, E8, E10 comptent des terrains aménagés et peu fréquentés tandis que E3 est concerné par le passage d'un itinéraire de randonnée. La gravité concernant le risque d'effondrement des éoliennes (dans un rayon de 150 m autour des aérogénérateurs) est donc considéré de sérieux à important sur l'ensemble du parc.

Il est cependant utile de noter que la méthode de comptage de la circulaire du 10 mai concernant le cheminement pédagogique apparaît comme surévaluée compte tenu de la faible probabilité d'atteindre un potentiel de 100 promeneurs par jour et par kilomètre.

2.1.4 **Probabilité**

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

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience[10], soit une probabilité de 4,47 x 10-4 par éolienne et par an.

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

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

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

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

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005.
De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement.

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

[10] 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.

2.1.5 **Acceptabilité**

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc du Chassepain, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable[11]) :

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	*Gravité*	*Niveau de risque*
E1	Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »	Acceptable
E2	Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »	Acceptable
E3	Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »	Acceptable
E4	Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »	Acceptable
E5	Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »	Acceptable
E6	Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »	Acceptable
E7	Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »	Acceptable
E8	Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »	Acceptable
E9	Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »	Acceptable
E10	Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »	Acceptable

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

[11] Conformément au Guide technique Inéris, 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.

VIII.2.2. CHUTE DE GLACE

2.2.1 **Considérations générales**

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

Selon l'étude WECO [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.

2.2.2 **Zone d'effet**

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien du Chassepain, la zone d'effet a donc un rayon variant de :

- 57 mètre pour la Repower 3.2M114 ;
- 56 mètres pour la Vestas V112,
- 58,5 mètres pour la Nordex N117.

Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

2.2.3 **Intensité**

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

Les tableaux ci-dessous permettent d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien du Chassepain pour chacune des turbines étudiées :

1. <u>Repower 3.2M114</u>

- ZI est la zone d'impact,
- ZE est la zone d'effet,
- R = la longueur de pale soit 57 m,

➡ SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m2[12]).

Chute de glace Repower 3.2M114 (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
Z_I= *SG* ***1***	Z_E= π x R^2 **10 207 m2**	*d=*Z_I/Z_E *x100* ***0,009*** *(< 1 %)*	***exposition modérée***

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

2. <u>Vestas V112</u>

➡ ZI est la zone d'impact,
➡ ZE est la zone d'effet,
➡ R = la longueur de pale soit 56 m,
➡ SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m2[13]).

Chute de glace Vestas V112 (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
Z_I= *SG* ***1***	Z_E= π x R^2 **9 852 m2**	*d=*Z_I/Z_E *x100* ***0,01*** *(< 1 %)*	***exposition modérée***

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

[12] Le degré d'exposition est calculé pour un morceau de glace d'une surface de 1 m² (de façon à majorer la zone d'impact et donc le degré d'exposition) et pour une éolienne de 50 m de diamètre (de façon à minorer la zone d'effet et donc de majorer le degré d'exposition)
[13] Le degré d'exposition est calculé pour un morceau de glace d'une surface de 1 m² (de façon à majorer la zone d'impact et donc le degré d'exposition) et pour une éolienne de 50 m de diamètre (de façon à minorer la zone d'effet et donc de majorer le degré d'exposition)

3. Nordex N117

- ZI est la zone d'impact,
- ZE est la zone d'effet,
- R = la longueur de pale soit 58.5 m,
- SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m2[14]).

Chute de glace Nordex N117 (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
$Z_I = SG$ ***1***	$Z_E = \pi \times R^2$ **10 751 m2**	$d = Z_I / Z_E \times 100$ ***0,009*** *(< 1 %)*	***exposition modérée***

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

La zone d'impact est de 1 m² pour les trois turbines étudiées. La zone d'effet majorante du phénomène de chute de glace concerne la turbine Nordex N117 avec une surface de 10 751 m². Cependant, l'intensité du risque de chute de glace (lié au degré d'exposition) pour les trois turbines étudiées représente une exposition modérée.

2.2.4 **Gravité**

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

- 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 »

Quelque soit le modèle de turbine utilisé, l'ensemble des zones d'effets du parc du Chassepain ne concernent que des terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs). La zone d'effet maximisante concerne l'éolienne Nordex N117 et compte 10 751 m², soit 1 ha. La gravité définie sera du même ordre de grandeur pour chacune des turbines étudiées.

[14] Le degré d'exposition est calculé pour un morceau de glace d'une surface de 1 m² (de façon à majorer la zone d'impact et donc le degré d'exposition) et pour une éolienne de 50 m de diamètre (de façon à minorer la zone d'effet et donc de majorer le degré d'exposition)

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 :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
E1	Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »	Modérée
E1	Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »	Modérée
E2	Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »	Modérée
E3	Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »	Modérée
E4	Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »	Modérée
E5	Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »	Modérée
E6	Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »	Modérée
E7	Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »	Modérée
E8	Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »	Modérée
E9	Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »	Modérée
E10	Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »	Modérée

Les zones de survol des éoliennes du Chassepain sont des terrains non aménagés (champs) et très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). Le nombre équivalent de personnes permanentes sera donc inférieur à 1 personne exposée (0,01 équivalent personnes permanentes). La classe de gravité sera donc « modérée» pour l'ensemble du parc.

2.2.5 **Probabilité**

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

2.2.6 **Acceptabilité**

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

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	*Gravité*	*Niveau de risque*
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable
E8	Modéré	Acceptable
E9	Modéré	Acceptable
E10	Modéré	Acceptable

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

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

VIII.2.3. CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE

2.3.1 **Zone d'effet**

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

Pour le parc éolien du Chassepain, la zone d'effet a donc un rayon variant de :

- 57 mètre pour la Repower 3.2M114 ;
- 56 mètres pour la Vestas V112,
- 58,5 mètres pour la Nordex N117.

2.3.2 **Intensité**

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

Les tableaux ci-dessous permettent d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Chassepain et ce pour chacune des turbines étudiées :

1. Repower 3.2M114

- d est le degré d'exposition,
- ZI la zone d'impact,
- ZE la zone d'effet,
- R = la longueur de pale soit 57 mètres,
- LB = la largeur de la base de la pale soit 3 mètres.

Chute d'éléments de l'éolienne Repower 3.2M114 (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
$Z_I = R*LB/2$ **85,5**	$Z_E = \pi \times R^2$ ***10 207 m²***	$d = Z_I/Z_E \times 100$ ***0,83*** *(< 1 %)*	***exposition modérée***

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

2. Vestas V112

- d est le degré d'exposition,
- ZI la zone d'impact,
- ZE la zone d'effet,
- R = la longueur de pale soit 56 mètres,
- LB = la largeur de la base de la pale soit 3 mètres.

Chute d'éléments de l'éolienne Vestas V112 (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
$Z_I = R*LB/2$ **84**	$Z_E = \pi \times R^2$ ***9 852 m²***	$d = Z_I/Z_E \times 100$ ***0,85*** *(< 1 %)*	***exposition modérée***

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

3. Nordex N117

- d est le degré d'exposition,
- ZI la zone d'impact,
- ZE la zone d'effet,
- R = la longueur de pale soit 58,5 mètres,
- LB = la largeur de la base de la pale soit 3 mètres.

Chute d'éléments de l'éolienne Nordex N117 (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
$Z_I = R*LB/2$ **87,8**	$Z_E = \pi \times R^2$ ***10 751 m²***	$d = Z_I/Z_E \times 100$ ***0,81*** *(< 1 %)*	***exposition modérée***

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

La zone d'impact majorante est de 87,8 m² avec une zone d'effet du phénomène de chute d'éléments d'une surface de 10 751 m² pour la turbine Nordex N117. Cependant, l'intensité du risque de chute d'éléments (lié au degré d'exposition) pour les trois turbines étudiées représente une exposition modérée.

2.3.3 **Gravité**

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

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

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

Quelque soit le modèle de turbine utilisé, l'ensemble des zones d'effets du parc du Chassepain ne concernent que des terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs). La zone d'effet maximisante concerne l'éolienne Nordex N117 et compte 10 751 m2, soit 1 ha. La gravité définie sera du même ordre de grandeur pour chacune des turbines étudiées.

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 :

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eoliennes	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
E1	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »	Modéré
E2	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »	Modéré
E3	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »	Modéré
E4	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »	Modéré
E5	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »	Modéré
E6	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »	Modéré
E7	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »	Modéré
E8	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »	Modéré

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
E9	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »	Modéré
E10	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »	Modéré

Les zones de survol des éoliennes du Chassepain sont des terrains non aménagés (champs) et très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). Le nombre équivalent de personnes permanentes sera donc inférieur à 1 personne exposée (0,01 équivalent personnes permanentes). La classe de gravité sera donc « modérée» pour l'ensemble du parc.

2.3.4 **Probabilité**

Peu d'élément 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 10-4événement par éolienne et par an).

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

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

2.3.5 **Acceptabilité**

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

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	*Gravité*	*Niveau de risque*
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable
E8	Modéré	Acceptable
E9	Modéré	Acceptable
E10	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien du Chassepain, le phénomène de chute d'éléments d'éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.2.4. PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

2.4.1 **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.

2.4.2 **Intensité**

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

Les tableaux ci-dessous permettent d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Chassepain pour chacune des turbines étudiées :

1. Repower 3.2M114

- d est le degré d'exposition,
- ZI la zone d'impact,
- ZE la zone d'effet,
- R = la longueur de pale soit 57 mètres
- LB = la largeur de la base de la pale soit 3 mètres.

Projection de pale ou de fragment de pale Repower 3.2M114 (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
*Z_I=R*LB/2* ***85,5***	*Z_E= π x 500²* ***785 398 m²***	*d=ZI/ZE x 100* ***0,01*** *(< 1 %)*	***Exposition modérée***

2. Vestas V112

- d est le degré d'exposition,
- ZI la zone d'impact,
- ZE la zone d'effet,
- R = la longueur de pale soit 56 mètres,
- LB = la largeur de la base de la pale soit 3 mètres.

Projection de pale ou de fragment de pale Vestas V112 (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
*Z_I= R*LB/2* **84**	*Z_E= π x 500²* ***785 398 m²***	*d=Z_I/Z_E x 100* ***0,01*** *(< 1 %)*	***exposition modérée***

3. Nordex N117

- d est le degré d'exposition,
- ZI la zone d'impact,
- ZE la zone d'effet,
- R = la longueur de pale soit 58,5 mètres,
- LB = la largeur de la base de la pale soit 3 mètres.

Projection de pale ou de fragment de pale Nordex N117 (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
*Z_I= R*LB/2* **87,8**	*Z_E= π x 500²* ***785 398 m²***	*d=Z_I/Z_E x 100* ***0,01*** *(< 1 %)*	***exposition modérée***

La zone d'impact majorante est de 87,8 m² et concerne la turbine Nordex N117. La zone d'effet du phénomène de projection de pale ou fragments est la même pour chacune des turbines étudiées (785 398 m2). L'intensité du risque de projection de pale ou de fragments (lié au degré d'exposition) pour les trois turbines étudiées représente une exposition modérée.

2.4.3 **Gravité**

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

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

Le nombre de personnes exposées[15] par secteur (champs, routes, habitations) est récapitulé dans le tableau ci-dessous.

Eoliennes	Terrain non aménagé et très peu fréquenté (1 pers/100 ha)	Terrain peu aménagé et peu fréquenté (1 pers/10 ha)	Chemin de promenade (2 pers/1 km/100 promeneurs par jour)	Total de personnes exposées
E1	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,09 personne (sur 1800 ml et de 5 m soit 0,9 ha de chemin)	/	**2**
E2	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,12 personne (sur 2400 ml de 5 m soit 1,2 ha de chemin)	1 personne (sur 500 m)	**3**
E3	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,17 personne (sur 3500 ml de 5 m soit 1,7 ha de chemin)	3 personnes (sur 1500 m)	**5**
E4	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,08 personne (sur 1600 ml de 5 m soit 0,8 ha de chemin)	/	**2**
E5	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,15 personne (sur 3100 ml de 5 m soit 1,5 ha de chemin)	3 personnes (sur 1500 m)	**5**
E6	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,1 personne (sur 2000 ml de 5 m soit 1 ha de chemin)	/	**2**
E7	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,14 personne (sur 2800 ml de 5 m soit 1,4 ha de chemin)	/	**2**
E8	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,12 personne (sur 2500 ml de 5 m soit 1,2 ha de chemin)	/	**2**

[15] Méthode de comptage des enjeux humains selon la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai relative aux méthodologies applicables aux études de dangers (en annexe de la présente étude)

E9	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,09 personne (sur 1800 ml de 5 m soit 0,9 ha de chemin)	/	**2**
E10	0,78 personne (sur 78,5 ha)	0,08 personne (sur 1600 ml de 5 m soit 0,8 ha de chemin)	1 personne (sur 500 m)	**3**

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
E1	**2**	Sérieux
E2	**3**	Sérieux
E3	**5**	Sérieux
E4	**2**	Sérieux
E5	**5**	Sérieux
E6	**2**	Sérieux
E7	**2**	Sérieux
E8	**2**	Sérieux
E9	**2**	Sérieux
E10	**3**	Sérieux

Les zones d'effets des éoliennes E1, E4, E6, E7, E8 et E9 comportent des terrains non aménagés et très peu fréquentés et des terrains aménagés et peu fréquenté (passage de chemins rural ou d'exploitation). Les zones d'effets des éoliennes E2, E3, E5 et E10 sont concernées par le passage d'un itinéraire de randonnée. La gravité concernant le risque de projection de pale ou fragments de pale (dans un rayon de 500 m autour des aérogénérateurs) est donc considérée comme « sérieux » sur l'ensemble du parc.

Il est cependant à rappeler que la méthode de comptage de la circulaire du 10 mai concernant le cheminement pédagogique apparaît comme surévaluée compte tenu de la faible probabilité d'atteindre un potentiel de 100 promeneurs par jour et par kilomètre.

2.4.4 **Probabilité**

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

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

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

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

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

Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'événement.
Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur. Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place notamment :

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

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

2.4.5 **Acceptabilité**

NB : 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 du Chassepain, 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)		
Eolienne	*Gravité*	*Niveau de risque*
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable
E6	Sérieux	Acceptable
E7	Sérieux	Acceptable
E8	Sérieux	Acceptable
E9	Sérieux	Acceptable
E10	Sérieux	Acceptable

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

VIII.2.5. PROJECTION DE GLACE

2.5.1 **Zone d'effet**

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

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

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

Cette distance de projection est jugée conservative 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.

Pour le parc éolien du Chassepain, cette distance d'effet s'élève :

- **310,50 mètres pour les turbines Repower 3.2M114,**
- **309 mètres pour les Vestas V112,**
- **312 mètres pour les Nordex N117.**

2.5.2 **Intensité**

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

Les tableaux ci-dessous permettent d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien du Chassepain avec chacune des turbines étudiées :

1. Repower 3.2M114

- d est le degré d'exposition,
- ZI la zone d'impact,
- ZE la zone d'effet,
- R = la longueur de pale soit 57 mètres,
- H = la hauteur au moyeu soit 93 mètres,
- SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace Repower 3.2M114 (dans un rayon de R_{PG} = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne, soit 310,50 mètres)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
Z_I= SG ***1***	*ZE = π x (1,5*(H+2*R))²* **302 882 m²**	***3,3 x 10^{-4}*** *(< 1 %)*	***Exposition modérée***

2. Vestas V112

- d est le degré d'exposition,
- ZI la zone d'impact,
- ZE la zone d'effet,
- R = la longueur de pale soit 56 mètres,
- H = la hauteur au moyeu soit 94 mètres,
- SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace Vestas V112 (dans un rayon de R_{PG} = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne, soit 309 mètres)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
Z_I= SG ***1***	*ZE = π x (1,5*(H+2*R))²* **299 962 m²**	***3,3 x 10^{-4}*** *(< 1 %)*	***Exposition modérée***

3. Nordex N117

- d est le degré d'exposition,
- ZI la zone d'impact,
- ZE la zone d'effet,
- R = la longueur de pale soit 58,5 mètres,
- H = la hauteur au moyeu soit 91 mètres,
- SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace Nordex N117 (dans un rayon de R_{PG} = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne, soit 312 mètres)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
Z_I= SG **1**	*ZE = π x (1,5*(H+2*R))²* **305 815 m²**	***3,3 x 10^{-4}*** *(< 1 %)*	***Exposition modérée***

La zone d'impact est de 1 m² pour les trois turbines étudiées. La zone d'effet du phénomène de projection de glace la plus importante concerne la turbine Nordex N117 avec une surface de 305 815 m² (rayon de 312 m). Cependant, l'intensité du risque de projection de glace (lié au degré d'exposition) pour les trois turbines étudiées représente une exposition modérée.

2.5.3 **Gravité**

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

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

Afin de déterminer la gravité maximisante, il est retenu pour les calculs l'éolienne présentant la zone d'effet la plus importante (éolienne Nordex N117) qui compte 305 815 m², soit 30,5 ha.

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 nombre de personnes exposées[16] par secteur (champs, routes, habitations) est récapitulé dans le tableau ci-dessous.

Eoliennes	Terrain non aménagé et très peu fréquenté (1 pers/100 ha)	Terrain peu aménagé et peu fréquenté (1 pers/10 ha)	Chemin de promenade (2 pers/1 km/100 promeneurs par jour)	Total de personnes exposées
E1	0,30 personne (sur 30,5 ha)	0,02 personne (sur 400 ml de 5 m soit 0,2 ha de chemin)	/	**2**
E2	0,30 personne (sur 30,5 ha)	0,05 personne (sur 1000 ml de 5 m soit 0,5 ha de chemin)	/	**2**
E3	0,30 personne (sur 30,5 ha)	0,06 personne (sur 1200 ml de 5 m soit 0,6 ha de chemin)	2 personnes (sur 1000 m)	**4**
E4	0,30 personne (sur 30,5 ha)	0,05 personne (sur 1000 ml de 5 m soit 0,5 ha de chemin)	/	**2**
E5	0,30 personne (sur 30,5 ha)	0,05 personne (sur 1100 ml de 5 m soit 0,5 ha de chemin)	1 personne (sur 500 m)	**3**
E6	0,30 personne (sur 30,5 ha)	0,04 personne (sur 900 ml de 5 m soit 0,4 ha de chemin)	/	**2**
E7	0,30 personne (sur 30,5 ha)	0,03 personne (sur 650 ml de 5 m soit 0,3 ha de chemin)	/	**2**
E8	0,30 personne (sur 30,5 ha)	0,05 personne (sur 1000 ml de 5 m soit 0,5 ha de chemin)	/	**2**
E9	0,30 personne (sur 30,5 ha)	/	/	**1**
E10	0,30 personne (sur 30,5 ha)	0,03 personne (sur 700 ml de 5 m soit 0,3 ha de chemin)	/	**2**

[16] Méthode de comptage des enjeux humains selon la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai relative aux méthodologies applicables aux études de dangers (en annexe de la présente étude)

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 :

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R_{PG} = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne, soit 309 mètres)		
Eolienne	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
E1	**2**	Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
E2	**2**	Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
E3	**4**	Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
E4	**2**	Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
E5	**3**	Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
E6	**2**	Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
E7	**2**	Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
E8	**2**	Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
E9	**1**	Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
E10	**2**	Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »

Les zones d'effets de l'éolienne E9 ne concernent que des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Les zones d'effets des éoliennes E1, E4, E6, E7, E8 et E10 comportent des terrains non aménagés et très peu fréquentés et des terrains aménagés et peu fréquentés (passage de chemins…). Les zones d'effets des éoliennes E2, et E5 sont concernées par le passage d'un itinéraire de randonnée. La gravité concernant le risque de projection de glace (dans un rayon majorant de 312 m autour des aérogénérateurs) est donc considérée comme sérieux sur l'ensemble du parc.

Il est cependant à rappeler que la méthode de comptage de la circulaire du 10 mai concernant le cheminement pédagogique apparaît comme surévaluée compte tenu de la faible probabilité d'atteindre un potentiel de 100 promeneurs par jour et par kilomètre.

2.5.4 **Probabilité**

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

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

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

2.5.5 **Acceptabilité**

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

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R_{PG} = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne, soit 312 mètres)			
Eolienne	*Gravité*	*Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage*	*Niveau de risque*
E1	Sérieux	Oui	Acceptable
E2	Sérieux	Oui	Acceptable
E3	Sérieux	Oui	Acceptable
E4	Sérieux	Oui	Acceptable
E5	Sérieux	Oui	Acceptable
E6	Sérieux	Oui	Acceptable
E7	Sérieux	Oui	Acceptable
E8	Sérieux	Oui	Acceptable
E9	Sérieux	Oui	Acceptable
E10	Sérieux	Oui	Acceptable

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

VIII.3. SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

VIII.3.1. TABLEAUX DE SYNTHESE DES SCENARIOS ETUDIES

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

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale **Soit 150 m**	Rapide	exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)[17]	Sérieux pour les éoliennes E1, E5, E6, E7 et E9 Important pour les éoliennes E2, E3, E4, E8 et E10	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol **Soit 58,5 m**	Rapide	exposition modérée	C	Modéré pour les éoliennes E1 à E10	Acceptable
Chute de glace	Zone de survol **Soit 58,5 m**	Rapide	exposition modérée	A sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modéré pour les éoliennes E1 à E10	Acceptable
Projection de pales ou fragments	**500 m** autour de l'éolienne	Rapide	exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)[18]	Sérieux pour les éoliennes E1 à E10	Acceptable
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne **Soit 312 m**	Rapide	exposition modérée	B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Sérieux Pour les éoliennes E1 à E10	Acceptable

[17] Voir paragraphe VIII.2.1
[18] Voir paragraphe VIII.2.4

VIII.3.2. SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE 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.

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré					

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 la partie VII.6 sont mises en place.

Au regard des événements redoutés étudiés et de leurs risques associés, il est considéré que les risques générés sont faibles à très faibles. Le projet éolien du Chassepain est donc acceptable pour les turbines du gabarit proposé.

VIII.3.3. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

La carte de synthèse des risques page suivante fait apparaître, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse :

- les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques (essentiellement liés à la présence d'axes routiers : RD 918, CR 9 et 58, de desserte des habitats locaux et d'itinéraires de randonnée) ;
- l'intensité des différents phénomènes dangereux dans les zones d'effets de chaque phénomène dangereux
- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet.

Il convient de rappeler que si le modèle de turbine envisagé est la Vestas V112, deux autres types d'éoliennes d'un gabarit de 150 m de hauteur maximale en bout de pale ont été étudiés, à savoir l'éolienne Repower 3.2M114 et l'éolienne Nordex N117. La cartographie ci-après a été effectuée à partir des données de la turbine maximisant les zones d'effets (pales les plus longues) à savoir la Nordex N117. En revanche, pour les calculs liés à la hauteur de l'éolienne, il a été pris en compte le gabarit maximal soit une hauteur bout de pale de 150 mètres.

VIII.4. CONCLUSION

a) Les principaux accidents majeurs identifiés

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.

La principale cause de ces accidents est les tempêtes.

b) La probabilité et la gravité des accidents majeurs les plus significatifs en termes de risque

En raison de leur faible intensité, les scénarios suivants sont exclus de l'étude détaillée des risques.

- Incendie de l'éolienne,
- Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C,
- Infiltration d'huile dans le sol,
- Incendie du poste de livraison ou du transformateur.

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

Les niveaux de risques estimés ci-dessous sont issus du croisement entre les classes de probabilité et les gravités définies dans l'étude détaillée. Dans le cadre du projet du Chassepain :

- **Les risques d'effondrement des éoliennes, de chute d'éléments de l'éolienne et chute de glace sont estimés comme faibles à très faibles pour l'ensemble du parc,**
- **Le risque de projection de pales ou de fragment est estimé comme très faible pour l'ensemble du parc,**
- **Le risque de projection de glace est estimé comme faible pour l'ensemble du parc.**

c) Les principales mesures de maîtrise des risques mises en place pour prévenir ou limiter les conséquences de ces accidents majeurs

En dehors des mesures préventives, les principales mesures mises en place sont les suivantes :

Fonction de sécurité	Mesures de sécurité
Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.
Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées
Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	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
Prévenir la survitesse	Détection de survitesse et système de freinage.
Prévenir les courts-circuits	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique
Prévenir les effets de la foudre	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur. Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques
Protection et intervention incendie	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

Prévention et rétention des fuites	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution
Mesures de sécurité	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.
Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)
Prévenir les erreurs de maintenance	Procédure maintenance Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel
Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite

d) L'acceptabilité des accidents majeurs les plus significatifs en termes de risque

Au regard des événements redoutés étudiés et de leurs risques associés, il est considéré que les risques générés sont faibles à très faibles. Le projet éolien du Chassepain est donc acceptable pour les turbines du gabarit proposé.

Figure 10 : carte de synthèse des risques pour les scénarios étudiés
A3 Ai

Scénario	Zone d'effet (rayon) Nordex N117	Intensité	Gravité	Nombre de personnes permanentes exposées									
				E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Effondrement de l'éolienne	Hauteur totale de la machine en bout de pale **Soit 150 m**	exposition modérée	Sérieux pour les éoliennes E1, E5, E6, E7 et E9 Important pour les éoliennes E2, E3, E4, E8 et E10	1	2	3	2	1	1	1	2	1	2
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol **Soit 58,5 m**	exposition modérée	Modéré pour les éoliennes E1 à E10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Chute de glace	Zone de survol **Soit 58,5 m**	exposition modérée	Modéré pour les éoliennes E1 à E10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Projection de pales ou fragments	**500 m** autour de l'éolienne	exposition modérée	Sérieux pour les éoliennes E1 à E10	2	3	5	2	5	2	2	2	2	3
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne **Soit 312 m**	exposition modérée	Sérieux pour les éoliennes E1 à E10	2	2	4	2	3	2	2	2	1	2

C. ANNEXES

Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne 114
Annexe 2 : Tableau de l'accidentologie française 115
Annexe 3 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques 116
Annexe 4 : probabilité d'atteinte et risque individuel 117
Annexe 5 : Glossaire 118
Annexe 6 : Bibliographie et références utilisées 119
Annexe 7 : comparaison des dispositifs de sécurité et de maintenance des turbines étudiées 120
Annexe 8 : attestations parasismiques 121

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

ANNEXE 1 – MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ POTENTIELLE D'UN ACCIDENT À PROXIMITÉ D'UNE ÉOLIENNE

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 × 0,5 × 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

ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

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

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

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	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	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissan-ce (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissan-ce (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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
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	Bolléne	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)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissan-ce (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entrainant 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	-

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
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 : SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

ANNEXE 3 – SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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 ou 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 scenarios 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, entrainant 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.

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

Scénario P01

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

Scénario P02

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

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

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

Scénarios P03

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

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 : PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

ANNEXE 4 – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

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

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

ANNEXE 5 : GLOSSAIRE

ANNEXE 5 –GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

Evénement initiateur : 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

INERIS : Institut National de l'EnviRonnement Industriel et des RisqueS

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

ANNEXE 6 : BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

ANNEXE 5 – BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES

[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 etal.

[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., Leteurtrois 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

ANNEXE 7 : COMPARAISON DES DISPOSITIFS DE SECURITE ET DE MAINTENANCE DES TURBINES ETUDIEES

TABLEAU DE COMPARAISON DES DISPOSITIFS DE SECURITE ET DE MAINTENANCE DES TURBINES ETUDIEES

	REPOWER 3.2M112	VESTAS V112	NORDEX N117
Dispositif de sécurité			
Sécurité en cas de tempête		Si l'un des paramètres de fonctionnement normal de l'éolienne (vitesse de vent minimal, maximal, de rotor, température ambiante maximale ou minimale) est dépassé, l'éolienne est mise à l'arrêt (cf. ci-dessous).	En cas de dépassement de la vitesse du vent de coupure, si la valeur moyenne sur 10 minutes est supérieure à 25 m/s ou si la valeur moyenne sur 3 secondes est supérieure à 32 m/s, l'éolienne s'arrête. Un arrêt en cas de tempête est ainsi garanti : l'angle de calage des pales du rotor se fixe à environ 90°. Le rotor freine et se met alors au ralenti jusqu'à ce que la vitesse du vent soit redescendue en dessous de la vitesse du vent de redémarrage. Après l'arrêt et pour des raisons de sécurité, un délai d'attente doit être respecté avant de procéder au redémarrage de l'éolienne. Ce délai d'attente n'est décompté qu'une fois que la vitesse du vent reste inférieure à 22 m/s pendant plus de 120 s. Ainsi, les contraintes exercées sur l'éolienne en cas de gros temps sont considérablement réduites.
Sécurité en cas de survitesse	« Les aérogénérateurs sont équipés de système de détection de survitesse, à même d'arrêter la machine et d'envoyer une alarme en cas de phénomène anormal. Ils disposent de systèmes de détection incendie connectés au SCADA, permettant d'arrêter l'aérogénérateur et d'informer à distance l'exploitant par envoi d'une alarme. Dans les deux cas, la transmission d'alarme est immédiate, via le système SCADA. L'envoi d'un courriel à une (des) adresse(s) prédéfinies de l'exploitant l'avertissant de la survenance des codes d'état associés à ces événements de survitesse ou d'incendie est possible."	Il est essentiel de pouvoir arrêter l'éolienne en cas de survitesse liée aux conditions atmosphériques, à la déconnexion du réseau électrique ou en cas de détection d'une anomalie (surchauffe ou défaillance d'un composant) Le freinage est effectué en tournant ensemble les 3 pales à un angle de 85 à 90°, afin de positionner celles-ci en position où elles offrent peu de prise au vent. Les vitesses de rotation du générateur et de l'arbre lent sont mesurées et analysées en permanence par le système de contrôle. Cette mesure redondante permet de limiter les défaillances liées à un seul capteur. En cas de discordance des mesures, l'éolienne est mise à l'arrêt. Les parties en rotation sont donc protégées contre les erreurs de rotations. En cas de défaillance du système de contrôle, un système indépendant appelé « VOG » (« Vestas Overspeed Guard ») permet également d'arrêter le rotor, par mise en drapeau des pales (rotation à 90°). Toutes les éoliennes Vestas en sont équipées. Il s'agit d'un système à sécurité positive auto-surveillé. Le système de mesure de la vitesse de rotation de l'arbre lent (mesure utilisée pour le déclenchement du VOG) est indépendant du système de mesure utilisé pour la conduite. Comme déjà précisé, en cas d'arrêt par survitesse (déclenchement du VOG), l'éolienne ne peut être redémarrée à distance. Il est nécessaire de venir acquitter localement le défaut avant de relancer l'éolienne.	Cf. ci-dessus
Sécurité contre la foudre	« L'éolienne est pourvue d'une installation de protection anti-foudre et satisfait au degré de protection défini dans la norme internationale IEC 61024-1 II. La foudre est capturée par des récepteurs dans les pales du rotor et déviée depuis le rotor vers le mât via des contacts glissants et des éclateurs au niveau du moyeu et du châssis de la nacelle. Le courant de foudre est ainsi évacué dans le sol via des prises de terre de fondation. Globalement, l'aérogénérateur REpower est de Classe de Protection Foudre 1 (LPC 1). Si nécessaire et sur demande, des éléments et descriptions plus détaillés du système de mise à la foudre des éoliennes MM et 3.XM peuvent être fournis à l'exploitant. Des para-surtenseurs sont présents sur les circuits électriques BT. La valeur de mise à la terre est contrôlée avant mise en service (<2 Ohm en standard, et dans tous les cas <10 Ohm)."	Toutes les éoliennes Vestas sont équipées d'un système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400. Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, les pales sont les éléments les plus sensibles à la foudre. En effet, le point haut de l'éolienne est constitué du sommet de la pale qui culmine en fonction de la taille de l'éolienne entre 140 et 175 m de hauteur et représente donc un point singulier en cas d'orage. De plus, les matériaux constituant la pale sont des matériaux synthétiques (résine et fibre de verre) mauvais conducteurs électriques et donc ne facilitant pas l'écoulement des charges en cas de coup de foudre. <u>Afin de limiter les effets d'un coup de foudre sur l'éolienne, les mesures suivantes sont mise en place :</u> • Les pales sont équipées, sur leurs deux faces, à intervalles réguliers (tous les 5 m environ) de pastilles métalliques en acier inoxydable, reliées entre elles par une tresse en cuivre, interne à la pale. Le pied de pale est muni d'une plaque métallique en acier inoxydable, sur une partie de son pourtour, raccordée à la tresse de cuivre. Un dispositif métallique flexible (nommé LCTU – Lighting Current Transfert Unit) assure la continuité électrique entre la pale et le châssis métallique de la nacelle (il s'agit d'un système de contact glissant comportant deux points de contact par pale). Ce châssis est relié électriquement à la tour, elle-même reliée au réseau de terre disposé en fond de fouille. En cas de coup de foudre sur une pale, le courant de foudre est ainsi évacué vers la terre via la fondation et des prises profondes ; • Certains équipements présents dans la nacelle notamment le générateur, le châssis du transformateur et la sortie basse tension du transformateur sont reliées au châssis de la nacelle mis à terre. Le multiplicateur est isolé électriquement du générateur ; • Les circuits électriques sont blindés contre les champs électriques et magnétiques et équipés de para-surtenseurs afin de protéger les équipement des surtensions et des surintensités ; • Les capteurs de vents disposés sur le toit de la nacelle, de même que les dispositifs de balisage lumineux sont protégés contre les coups de foudre directs (dispositifs de capture reliés à la structure métallique de la nacelle, elle-même mise à la terre). <u>En option les éoliennes peuvent être équipées :</u> • De « cooper cap » c'est-à-dire d'un habillage de l'extrémité de la pale par une plaque de cuivre qui améliore le captage de l'arc de foudre et assure ainsi une meilleure protection de la pale ; • d'un enregistrement d'impact qui permet de connaitre à la fois le nombre et l'intensité des impacts de foudre.	La protection contre la foudre et les surtensions de toute l'installation correspond au concept de zones de protection contre la foudre et est conforme à la norme IEC 61400-24.

TABLEAU DE COMPARAISON DES DISPOSITIFS DE SECURITE ET DE MAINTENANCE DES TURBINES ETUDIEES

	REPOWER	VESTAS	NORDEX
Sécurité contre le gel	Tous les aérogénérateurs REpower sont équipés en standard d'un système de détection de givre capable de déduire la présence de givre sur les pales et de mettre la machine à l'arrêt.	**Protection contre la glace (option)** Les températures négatives associées à des conditions d'hygrométrie particulières peuvent conduire à la formation de givre et de glace sur les pistes ou sur la nacelle. Lorsque l'on a une formation de glace sur la pale, la turbine ne produit pas à pleine capacité. En effet, la formation de glace modifie le profil général de la pale de telle sorte que le rotor ne capte plus tout le vent « disponible ». Cette glace peut aussi entrainer des déséquilibres du rotor lors de son fonctionnement et provoquer une usure prématurée. Dans le ca le plus extrême, le rotor ne peut pas tourner à cause de la masse de glace. La glace accumulée peut également se détacher et tomber au sol au droit des pales si l'éolienne est à l'arrêt ou être projetée dans un périmètre restreint si celle-ci fonctionne. Un temps neigeux peut également être à l'origine d'accumulation de neige compactée sur les pales. Il est donc important de détecter rapidement la formation possible de glace. Dans le cadre des évolutions de ses éoliennes, Vestas a engagé une phase d'étude d'un dispositif de détection de formation de glace sur les pales, ainsi que d'un dispositif de dégivrage afin de limiter les risques liés aux projections de glace. Il est important de signaler le risque de chute de glace par un balisage disposé à l'entrée du parc éolien.	Dans certaines conditions météorologiques, les pales peuvent se recouvrir de glace, de givre ou d'une couche de neige. Ceci arrive le plus souvent lorsque l'air est très humide, ou en cas de pluie ou de neige, et à des températures proches de 0 °C. Les dépôts de glace et de givre peuvent réduire le rendement et accroître la sollicitation du matériel (déséquilibre du rotor) et la nuisance sonore. La glace formée peut également présenter un danger pour les personnes et les biens en cas de chute ou de projection. Pendant de telles conditions climatiques, l'exploitant de l'éolienne doit la surveiller particulièrement. Si un risque de givrage est détecté, l'éolienne doit être arrêtée et sécurisée contre un redémarrage (directive GL). Pour garantir la sécurité des personnes et des biens, les solutions consistent à installer un système d'alerte au givre, à mettre en place des périmètres de sécurité et/ou à immobiliser les machines en cas de gel sévère. Mesures de protection contre le givrage : la présence de glace peut être automatiquement détectée par le système de détection de givre de l'éolienne. Ce dernier sert donc à détecter la présence de glace tout en évitant la projection de celle-ci : • Le capteur est installé sur le toit de la nacelle. Il mesure la température et l'humidité relative de l'air ambiant. Si les conditions dépassent certaines valeurs limites fixées d'avance par le service de météorologie, l'installation est arrêtée par l'ordinateur de commande. • Le système contrôle commande procède par ailleurs à un arrêt automatique de l'éolienne si il relève une inadéquation entre la puissance produite et la vitesse du vent. Les caractéristiques aérodynamiques des pales de rotor sont très sensibles aux modifications des contours et de la rugosité des profils de pale causées par le givre ou la glace. Le système de détection de givre/glace utilise la modification importante des caractéristiques de fonctionnement de l'éolienne (rapport vent/vitesse de rotation/ puissance/angle de pale) en cas de formation de givre ou de glace sur les pales du rotor. Pour cela, une plage de tolérance, déterminée de manière empirique, est définie autour de la courbe de puissance et de la courbe d'angle de pale. Celle-ci se base sur des simulations, des essais et plusieurs années d'expérience sur un grand nombre d'éoliennes de types variés. Si les données de fonctionnement concernant la puissance ou l'angle de pale sont hors de la plage de tolérance, l'éolienne est stoppée. • L'éolienne est sécurisée contre un redémarrage autonome et une chute de glace est donc à exclure. • L'arrêt et le redémarrage de l'éolienne sont archivés dans le rapport d'erreurs de la commande et sont par la suite disponibles pour vérifications ultérieures. Après l'arrêt dû à la formation de givre, l'éolienne ne peut être réinitialisée que manuellement et sur place, après avoir procédé au contrôle visuel requis. L'exploitant est ainsi responsable des éventuels dangers encourus. Les dangers induits par de la glace tombante ou soufflée de l'installation à l'arrêt correspondent à ceux de tous les autres bâtiments ou arbres. Une projection de fragments de glace est exclue par l'arrêt de l'éolienne. Afin d'avertir une éventuelle chute de glace, des panneaux d'information seront mis en place pour informer, essentiellement les agriculteurs, du risque potentiel ; les éoliennes étant en effet implantées dans des parcelles à vocation agricole. De plus, en cas de détection d'un risque de givrage, il est possible d'orienter l'éolienne dans la position d'arrêt pour éviter que les pales du rotor se trouvent directement au-dessus de la voirie.
Sécurité contre les incendies	"Comme mentionné à l'article précédent, les aérogénérateurs sont équipés de systèmes de détection et d'alarme incendie provoquant : - une alarme sonore à l'intérieur de l'éolienne - une alarme à distance envoyée immédiatement via le système SCADA Par ailleurs, tous les aérogénérateurs sont équipés d'un extincteur en pied de mât (CO2) et de deux extincteurs en nacelle (1 CO2 et 1 ABC)"	La nacelle est équipée d'un détecteur de fumée, dispose à proximité des armoires électriques. Un deuxième détecteur est implanté en pied de tour, également au-dessus des armoires électriques. Le détecteur de fumée de la nacelle est, d'un point de vue de la détection incendie, redondant avec la détection de température haute. Le déclenchement de ces détecteurs de fumée génère une alarme locale (sirène dans la nacelle et dans la tour) et une information vers le système de contrôle (arrêt de l'éolienne « Emergency Stop » et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mat). De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande. Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru (UPS). Vis-à-vis de la protection incendie, deux extincteurs sont présents dans la nacelle et un extincteur est disponible en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).	"Mesures réductrices : conformément à l'article R111-5 du Code de l'Urbanisme, des accès par les voies publiques pour les engins de lutte contre la protection d'incendie doivent être prévus. Mesures de protection contre les incendies : les éoliennes sont principalement élaborées en matériaux non inflammables. La plupart des composants de l'éolienne sont surtout en métal. Ceci concerne le mât, le châssis machine, les arbres, le multiplicateur, l'agrégat hydraulique, le frein, la génératrice, les accouplements, les entraînements etc. Les fondations de l'éolienne sont quant à elles en béton armé. Le transformateur à sec, ne contenant pas d'huile de refroidissement, est placé sur les fondations du mât. <u>Les composants inflammables sont donc essentiellement :</u> • Les pales du rotor et cabine, fabriqués en matière plastique renforcée de fibres de verre ; • Les câbles et petites pièces électriques ; • Les huiles de mécanique, de transformateur et hydraulique (combustibles, mais non inflammables) ; • les tuyaux et autres petites pièces en matière plastique ; • les accumulateurs. Les points d'incendie possibles résultent des emplacements où se trouvent les composants mentionnés plus haut. Mesures d'entretien : les éoliennes sont visitées régulièrement, deux fois par an, pour des travaux d'entretien et de contrôle. Les techniciens de service sont tenus de prendre toutes les mesures nécessaires pour prévenir les incendies. Tous ces travaux sont uniquement confiés à du personnel dûment formé qui connait tant les consignes de sécurité des manuels que les équipements correspondants. Les manuels correspondant contiennent des consignes détaillées à ce propos. La protection contre la foudre et les surtensions correspond au concept des zones de protection contre la foudre et est conforme à la norme EN 61400-24. Les éclairs sont ainsi conduits dans le sol. Un coup de foudre peut, dans une très large mesure, être exclu comme cause d'incendie. Détection des incendies : un système de détection incendie composé de plusieurs capteurs installés dans la nacelle, mesure la température et la fumée afin de signaler tout incendie. Ce système est uniquement conçu pour être utilisé dans la nacelle et les zones définies. <u>Les quatre zones définies sont les suivantes :</u> • les topbox I (armoire d'agrégat) ; • les topbox II (armoire de commande) ; • l'armoire du transformateur ; • la nacelle. Les détecteurs d'incendie sont fixés dans la partie supérieure des armoires électriques ou sur le

TABLEAU DE COMPARAISON DES DISPOSITIFS DE SECURITE ET DE MAINTENANCE DES TURBINES ETUDIEES

			toit de la cabine. Le système de détection incendie se déclenche lorsque le capteur de fumée détecte de la fumée et/ou le capteur de température détecte un dépassement du seuil de température défini. Après déclenchement automatique, un signal est transmis à la gestion d'exploitation. Ce dernier envoie alors immédiatement un message d'alarme à l'organe de télésurveillance et arrête l'éolienne."
Système de freinage		Il existe plusieurs modes d'arrêt de l'éolienne : • La mise en pause : la machine est découplée du réseau électrique haute tension (le générateur ne produit plus), mais reste néanmoins sous tension. La machine est prête pour la production, le régime générateur et la demande puissance sont à zéro et les sous-systèmes sont en exécution automatique. Le rotor est laissé en libre rotation, mais dans certains cas les pales sont ramenées dans une position offrant moins de prise au vent (à environ 85° par rapport à la direction du vent). Cet arrêt peut-être déclenché volontairement ou en cas d'attente de conditions de production favorables (vitesse du vent, températures). Dans ce cas, la machine sera redémarrée automatiquement par le système de contrôle après une temporisation (au retour d'une vitesse de vent suffisant par exemple) ou par une action de l'utilisateur pour une mise en pause manuelle ; • L'arrêt de type « Stop » : Ce mode est similaire au mode pause, mais l'ensemble des sous-systèmes et actionneurs sont désactivés. Les pales sont ramenées en position dite « en drapeau » (à environ 90° par rapport à la direction du vent) par le système de conduite. Cet état peut survenir par commande utilisateur ou en cas d'anomalies mineures. Le redémarrage de la machine nécessite une action humaine, soit à distance, soit en local (pas de redémarrage automatique) ; • L'arrêt en cas d'urgence « Emergency Stop » : les pales sont ramenées en position dite « en drapeau » (à environ 90° par rapport à la direction du vent) par le système de sécurité. Cet état peut survenir lors de détection d'anomalies (température trop élevée sur un pallier, déclenchement d'un détecteur de vibration, déclenchement du détecteur d'arc, …) c'est ce qui se produit en cas de détectage de survitesse par le système « VOG » (« Vestas Overspeed Guard »). C'est également la cas lors d'une action sur les boutons d'arrêt d'urgence. Dans ce deuxième cas en plus de la mise en drapeau des pales, le système de frein hydraulique est actionné. Le démarrage ne peut être fait qu'en local (nécessité de déplacement sur site) après vérification de la machine. Si l'anomalie disparait la machine peut être redémarrer automatiquement par le système de contrôle après une temporisation ou par une action à distance. Pour le cas du le déclanchement du détecteur d'arc électrique qui provoque une ouverture de la cellule bas de tour, la machine ne peut être redémarrée que localement après qu'un technicien soit intervenu pour contrôler l'état des équipements et acquitter le défaut (ré-enclenchement du détecteur).	I .1.2.6. ARRET DE L'EOLIENNE L'éolienne peut être arrêtée manuellement (interrupteur Marche/Arrêt) ou en actionnant le bouton d'arrêt d'urgence. Le système de commande arrête l'éolienne en cas de dérangement, ou encore si les conditions de vent sont défavorables. Le fonctionnement de l'éolienne est automatique. Un système de commande par programme enregistré (CPE) surveille en permanence les paramètres d'exploitation, compare les valeurs réelles aux valeurs de consignes correspondantes et transmet aux composants de l'installation les instructions de contrôle requises. Les paramètres d'exploitation sont prédéterminés par Nordex et adaptés à chaque site. Tous les systèmes et de nombreux composants de l'éolienne sont équipés de capteurs informant le système contrôle-commande de leur état. Des valeurs de consigne sont attribuées à chaque point de mesure (paramètres d'exploitation) ; celles-ci doivent être respectées. Si une valeur mesurée s'écarte de la valeur de consigne, le système de contrôle-commande réagit en conséquence. En cas de dépassement des paramètres de sécurité prédéterminés sur l'éolienne (par exemple en cas de dépassement de la vitesse de coupure), l'éolienne s'arrête immédiatement. Divers programmes de freinage sont déclenchés en fonction de la procédure de freinage. Pour des motifs externes telles qu'une vitesse de vent trop élevée ou une erreur de réseau, le mouvement de l'éolienne est progressivement freiné. I.1.2.6.1. ARRET AUTOMATIQUE En mode automatique, les éoliennes sont freinées de façon aérodynamique par la seule inclinaison des pales. Les pales du rotor inclinées réduisent les forces aérodynamiques, freinant ainsi ce dernier. Les dispositifs d'inclinaison des pales (Pitch) peuvent décrocher les pales du vent en l'espace de quelques secondes seulement en les mettant en position drapeau. L'éolienne s'arrête également automatiquement en cas de dérangement ou en présence de certains événements. Certains dérangements entraînent une coupure rapide par les alimentations de secours des pales, d'autres pannes conduisent à un arrêt normal de l'éolienne. Selon le type de dérangement, l'éolienne peut redémarrer automatiquement. Dans tous les cas, les convertisseurs sont découplés automatiquement du réseau pendant la procédure d'arrêt. I.1.2.6.2. ARRET MANUEL DE L'INSTALLATION L'éolienne peut être arrêtée à l'aide de l'interrupteur Marche/Arrêt (armoire de commande). Après un « arrêt manuel », les pales du rotor se déplacent lentement en position drapeau. Le rotor freine et l'éolienne reste en mode « Ralenti ». Le frein d'arrêt n'est pas activé et la commande des yaw (moteur d'orientation) reste active. L'éolienne peut donc continuer à s'adapter avec précision au vent.
Système d'arrêt d'urgence		Cf. ci-dessus	"Plusieurs boutons d'arrêt d'urgence sont situés à divers endroits de l'éolienne (armoire de commande) et permettent de l'immobiliser rapidement. Les interrupteurs d'arrêt d'urgence se trouvent : • à l'avant et à l'arrière de l'armoire électrique dans le pied du mât ; • sur le côté droit du multiplicateur ; • sur le terminal de commande mobile de l'armoire électrique dans la nacelle ; • sur la face avant de l'armoire électrique située dans la nacelle ; • à l'entrée de la nacelle. Ces boutons permettent un freinage d'urgence de l'éolienne en marche : • la chaîne de sécurité se déclenche, • les pales du rotor se déplacent le plus rapidement possible en position drapeau, • le frein du rotor s'enclenche immédiatement ; • l'interrupteur principal se met en position « OFF » (déconnecté), ce qui provoque la séparation du convertisseur ainsi que de la génératrice du réseau. L'alimentation électrique de tous les composants reste assurée. L'éolienne ne peut être redémarrée après un arrêt d'urgence qu'avec l'intervention du personnel de service. En règle générale et avant le démarrage de l'éolienne, le personnel de service doit absolument l'examiner et s'assurer du bon état de fonctionnement des composants."

TABLEAU DE COMPARAISON DES DISPOSITIFS DE SECURITE ET DE MAINTENANCE DES TURBINES ETUDIEES

Maintenance

REPOWER

REpower a développé sur l'ensemble du territoire Français un réseau de centres de maintenance, avec des techniciens formés et expérimentés, lui permettant de proposer plusieurs formules de contrat de maintenance adaptées au besoin des clients.
REpower propose deux classes de contrat, le contrat de maintenance standard et le contrat de service et maintenance ISP (Integrated Service Package avec garantie pièces et main d'œuvre et garantie disponibilité).
Le tableau ci-dessous résume l'étendu du scope de fourniture de ces deux contrats :

	Integrated Service Package « ISP »	Contrat maintenance standard
Durée du contrat	5, 10, 15	5 ans minimum avec option d'extension
Maintenance planifiée (2 fois/an)	√	√
27/7 Surveillance à distance pour les services et la maintenance des éoliennes	√	En option
Redémarrage à distance	√	En option
Réparation sur site	√	Sur devis
Disponibilité garantie	√	Non inclus
Compensation des pertes pour non performance	√	Non inclus
Pièces détachées	√	Sur devis
Consommables	√	En option
Grands composants	√	Sur devis
Rétrofits et upgrades (hors amélioration de performances)	√	Sur devis
Retrofits et upgrades (améliorant la performance)	Sur devis	Sur devis

Le contrat ISP inclut :
- Les maintenances préventives semestrielles dont le descriptif est donné en annexe,
- La surveillance et le dépannage à distance 24h/24h et 7j/7j des éoliennes par notre centre de surveillance implanté en Allemagne,
- Les réparations sur site par des équipes locales de techniciens implantées à moins de 2 heures de trajet, garantissant un dépannage professionnel et le redémarrage des éoliennes dans les meilleurs délais
- L'échange des pièces défectueuses sans exclusion, y compris les grands composants incluant les moyens logistiques nécessaires (camions, grues, etc…),
- Une veille technologique permettant une intégration systématique des améliorations techniques et des mises à jour de logiciels pouvant être appliquées aux éoliennes composant le contrat et ce pendant toute la durée du contrat,
- La documentation liée aux interventions de maintenance et de réparations,
- Des rapports mensuels d'opération et de performances permettant un suivi d'exploitation de leurs parcs par nos clients.
- Inspection des pales de près tous les 2 ans grâce à des nacelles

La qualité de fabrication des éoliennes et la rigueur de nos prestations de maintenance permettent d'offrir les garanties suivantes :
- Une garantie de disponibilité technique de l'ensemble des éoliennes composant le parc éolien incluant, le cas échéant, une compensation des pertes de production,
- 1 an de garantie pièces et main d'œuvre sur toutes les opérations de maintenance y compris durant la dernière année du contrat.

VESTAS

Modalités de maintenance

Compte tenu de la préfabrication des éoliennes, les opérations de montage de l'éolienne sur site se font dans un délai relativement court (un à deux jours pour assembler les diverses parties)
Après montage, les opérations de raccordements électriques ainsi que les réglages et essais de fonctionnement de l'éolienne demandent quelques semaines.
Tout au long des années de fonctionnement de l'éolienne, des opérations de maintenance programmées vérifient l'état et le fonctionnement des sous-systèmes de l'éolienne. Les opérations de maintenance de la V112-3.0MW sont organisées de la manière suivante :

• Après 3 mois de fonctionnement, les contrôles principaux suivants sont effectués :
- Vérification des systèmes de sécurité (boutons d'arrêt d'urgence, fonctionnement du frein hydraulique, validité des extincteurs, systèmes antichute, équipement d'évacuation d'urgence, batterie de secours)
- Vérification du serrage des boulons sur tous les éléments de construction (tour, nacelle, échelle, diverses plateformes)
- vérification de l'état du câble 20 000V
- vérification de l'ascenseur,
- vérification de l'état et du bon fonctionnement des éléments mécaniques : système d'orientation de la nacelle, multiplicateur, arbre lent, frein, moyeu, rotor, roulements de pales, pales, génératrice, système hydraulique d'orientation de la nacelle, génératrice), système de refroidissement par eau glycolée, palan interne, radiateur externe. Ces vérifications s'effectuent par des mesures, des contrôles visuels ainsi que des séquences de tests,
- vérification des éléments électrique et électroniques : (contrôleurs, convertisseurs, anémomètre, câbles électriques, transformateur, balisage lumineux, batteries)

• A chaque anniversaire de la première mise en route de l'éolienne, les contrôles principaux suivant sont effectués :
- Vérification des systèmes de sécurité (boutons d'arrêt d'urgence, fonctionnement du frein hydraulique, validité des extincteurs, systèmes antichute, équipement d'évacuation d'urgence, batterie de secours)
- vérification de l'état du câble 20 000V
- vérification de l'ascenseur,
- vérification de l'état et du bon fonctionnement des éléments mécaniques : système d'orientation de la nacelle, multiplicateur, arbre lent, frein, moyeu, rotor, roulements de pales, pales, génératrice, système hydraulique d'orientation de la nacelle, génératrice), système de refroidissement par eau glycolée, palan interne, radiateur externe. Ces vérifications s'effectuent par des mesures, des contrôles visuels ainsi que des séquences de tests,
- vérification des éléments électrique et électroniques : (contrôleurs, convertisseurs, anémomètre, câbles électriques, éléments de protection contre la foudre, transformateur, balisage lumineux, batteries)
- vérification de l'état de la structure de la tour (fondations, plateforme, amortisseurs d'oscillation de tour, oxydation, moisissures, peinture),
- remplacement des filtres à air (multiplicateur, éléments électriques)
- lubrification des éléments tournants (arbre principal, génératrice, système d'orientation des pales),
- vérification du système de coupling (accouplement composite entre multiplicateur et génératrice)..

• Tous les 4 ou 5 ans (selon l'élément) après la première mise en route de l'éolienne, les contrôles précédents sont complétés par les actions majeures suivantes :
- remplacement des filtres à huile des systèmes hydrauliques
- remplacement des ventilateurs des éléments électriques
- remplacement des convertisseurs
- vérification des serrages de boulons des structures (tour, moyeu, pales)
- purge du circuit de refroidissement par eau glycolée.

• Tous les 10 ans après la première mise en route de l'éolienne, les contrôle précédents sont complétés par les actions majeures suivantes :
-Remplacement des pompes,
-remplacement de certaines valves dans le circuits hydrauliques.

• Les huiles hydrauliques et de lubrification (multiplicateur) sont analysées tous les ans. Elles sont remplacées si les résultats d'analyse ne sont pas conformes ;

• Lors de ces contrôles, si des pièces défectueuses ou usées sont détectées, elles sont remplacées. Certaines pièces ou consommables sont par défaut remplacés périodiquement (liquide de refroidissement et batteries tous les 5 ans, flexibles sur circuit d'huile tous les 7 ans ;

NORDEX

Mesures d'entretien :
les éoliennes sont visitées régulièrement, conformément à la réglementation en vigueur, après deux fois par an, pour des travaux d'entretien et de contrôle. Les techniciens de service sont tenus de prendre toutes les mesures nécessaires pour prévenir les incendies. Tous ces travaux sont uniquement confiés à du personnel dûment formé qui connait tant les consignes de sécurité des manuels que les équipements correspondants. Les manuels correspondant contiennent des consignes détaillées à ce propos.

TABLEAU DE COMPARAISON DES DISPOSITIFS DE SECURITE ET DE MAINTENANCE DES TURBINES ETUDIEES

		• Un test d'arrêt du système par le VOG est fait tous les ans. Ce test est fait avec le générateur hors charge et en jouant sur l'orientation des pales de façon à atteindre la vitesse de déclenchement. Tous ces contrôles sont décrits en détail dans des procédures spécifiques et font l'objet de formulaires d'enregistrement des opérations effectuées. Ces procédures évoluent avec l'expérience de Vestas. Elles sont régulièrement mises à jour suivant une logique d'amélioration continue.	

ANNEXE 8 : ATTESTATIONS PARASISMIQUES

CHRONO : 2

NEOEN
Tour Maine Montparnasse
BP 108 - 33 Avenue du Maine
75755 PARIS Cedex 15

À l'attention de Madame GRIMA

ATTESTATION DU CONTROLEUR TECHNIQUE

Etablissant qu'il a fait connaître au maître d'ouvrage de la construction son avis sur la prise en compte au stade de la conception des règles parasismiques

A joindre à la demande de permis de construire en application du b de l'article R. 431-16 du code de l'urbanisme.

Je soussigné : Arnaud IMBAULT, agissant au nom de la société : Apave Parisienne SAS, Contrôleur Technique au sens de l'article L.111-23 du code de la construction et de l'habitation, titulaire de l'agrément délivré par décision ministérielle du Décision du 29 octobre 2009 du Ministre de l'écologie,de l' énergie,du développement durable et de la mer en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat .

Atteste que le maître d'ouvrage de l'opération de construction suivante :

CONSTRUCTION POSTES DE LIVRAISON

Poste de livraison n°1 commune de Saint Chartier

A confié à la société de contrôle : Apave Parisienne SAS, une mission parasismique, par convention de contrôle technique n° : 128603000362800N, en date du : 24/01/2012

Le contrôleur technique atteste qu'il a fait connaître au maître d'ouvrage son avis relatif à la prise en compte des règles parasismiques, par le document référencé Rapport d'examen 1, en date du : 10/02/2012 sur la base des documents du projet établis en phase de dépôt du permis de construire, et dont la liste est annexée à la présente attestation.

Date : 10/02/2012

Le Chargé d'Affaire

Arnaud IMBAULT

apave

Apave Parisienne SAS - BOURGES
11 Rue Macdonald
18000 BOURGES
Tél. : 02.48.50.96.20 - Fax : 02.48.67.05.81

Liste des documents examinés :

- Descriptif des travaux
- Pièces graphiques du permis de construire

CHRONO : 8

NEOEN
Tour Maine Montparnasse
BP 108 - 33 Avenue du Maine
75755 PARIS Cedex 15

À l'attention de Madame GRIMA

ATTESTATION DU CONTROLEUR TECHNIQUE

Etablissant qu'il a fait connaître au maître d'ouvrage de la construction son avis sur la prise en compte au stade de la conception des règles parasismiques

A joindre à la demande de permis de construire en application du b de l'article R. 431-16 du code de l'urbanisme.

Je soussigné : Arnaud IMBAULT, agissant au nom de la société : Apave Parisienne SAS, Contrôleur Technique au sens de l'article L.111-23 du code de la construction et de l'habitation, titulaire de l'agrément délivré par décision ministérielle du Décision du 29 octobre 2009 du Ministre de l'écologie,de l' énergie,du développement durable et de la mer en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat .

Atteste que le maître d'ouvrage de l'opération de construction suivante :

CONSTRUCTION POSTES DE LIVRAISON

Poste de livraison n°2 commune de Saint Chartier

A confié à la société de contrôle : Apave Parisienne SAS, une mission parasismique, par convention de contrôle technique n° : 128603000362800N, en date du : 24/01/2012

Le contrôleur technique atteste qu'il a fait connaître au maître d'ouvrage son avis relatif à la prise en compte des règles parasismiques, par le document référencé Rapport d'examen 7, en date du : 10/02/2012 sur la base des documents du projet établis en phase de dépôt du permis de construire, et dont la liste est annexée à la présente attestation.

Date : 10/02/2012

Le Chargé d'Affaire

Arnaud IMBAULT

apave

Apave Parisienne SAS - BOURGES
11 Rue Macdonald
18000 BOURGES
Tél. : 02.48.50.96.20 - Fax : 02.48.67.05.81

Liste des documents examinés :

- Descriptif des travaux
- Pièces graphiques du permis de construire