



DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

Projet éolien de Fère-Champenoise

Étude de dangers

Version de Février 2020 complétant la version d'Août 2018

Demander / Société d'exploitation

Energie du Partage 8
S/C Green Energy 3000 France s.a.r.l
8 bis Rue Gabriel Voisin - CS 40003
51688 Reims Cedex 02

Porteur / Développeur de projet

Green Energy 3000 GmbH
Torgauer Straße 231
D-04347 Leipzig
Téléphone : 0049 341 35 56 04 44
E-mail : info@ge3000.de



Sommaire

Sommaire.....	I
Sommaire détaillé.....	III
Liste des figures.....	IX
Liste des tableaux.....	X
Sigles.....	XIII
Unités.....	XIV
1. Introduction.....	1
1.1. Avant-propos.....	1
1.2. Contexte réglementaire.....	3
1.3. Objectifs de l'étude de dangers.....	7
1.4. Démarche générale.....	8
1.5. Méthodologie.....	10
2. Informations générales concernant le parc éolien de Fère-Champenoise.....	11
2.1. Intitulé, type d'activité et identification des principales rubriques ICPE.....	11
2.2. Identité des intervenants et renseignements administratifs.....	12
2.3. Description sommaire du projet.....	13
2.4. Localisation du projet.....	14
2.5. Définition de l'aire d'étude.....	20
3. Description de l'environnement de l'installation.....	22
3.1. Environnement humain.....	22
3.2. Environnement physique.....	32
3.3. Synthèse des sensibilités de l'environnement du site d'implantation.....	50
4. Description de l'installation.....	54
4.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien.....	54
4.2. Le parc éolien de Fère-Champenoise en fonctionnement.....	59
4.3. Synthèse – le parc éolien de Fère-Champenoise.....	81
5. Identification des potentiels de dangers des installations.....	82
5.1. Potentiels de dangers liés aux produits.....	82
5.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement des installations.....	85
5.3. Réduction des potentiels de dangers à la source.....	86
6. Analyse des retours d'expérience – Accidentologie.....	89
6.1. Inventaire des accidents et incidents survenus en France.....	89

6.2.	Inventaire des accidents et incidents à l'international.....	92
6.3.	Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant.....	94
6.4.	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience.....	94
6.5.	Limites d'utilisation de l'accidentologie	96
7.	Analyse préliminaire des risques.....	97
7.1.	Objectif de l'analyse préliminaire des risques.....	97
7.2.	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	98
7.3.	Recensement des agressions externes potentielles	99
7.4.	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	103
7.5.	Effets dominos	107
7.6.	Mise en place des mesures de sécurité.....	108
7.7.	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	114
8.	Analyse détaillée des risques.....	116
8.1.	Rappel des définitions	116
8.2.	Caractérisation des scénarios retenus	119
8.3.	Synthèse de l'analyse détaillée des risques.....	142
9.	Conclusion.....	155
10.	Sources	XVI
11.	Glossaire	XIX
Annexes.....		XXIV

Sommaire détaillé

Sommaire.....	I
Sommaire détaillé.....	III
Liste des figures.....	IX
Liste des tableaux.....	X
Sigles.....	XIII
Unités.....	XIV
1. Introduction.....	1
1.1. Avant-propos.....	1
1.2. Contexte réglementaire.....	3
1.2.1. Application du régime des installations classées aux parcs éoliens.....	3
1.2.2. Réglementation relative à l'étude de dangers.....	4
1.3. Objectifs de l'étude de dangers.....	7
1.4. Démarche générale.....	8
1.5. Méthodologie.....	10
2. Informations générales concernant le parc éolien de Fère-Champenoise.....	11
2.1. Intitulé, type d'activité et identification des principales rubriques ICPE.....	11
2.2. Identité des intervenants et renseignements administratifs.....	12
2.2.1. Identité du porteur de projet.....	12
2.2.2. Identité du demandeur et de la société d'exploitation.....	12
2.3. Description sommaire du projet.....	13
2.4. Localisation du projet.....	14
2.4.1. Localisation du projet et du site d'implantation.....	14
2.4.2. Références cadastrales.....	19
2.5. Définition de l'aire d'étude.....	20
3. Description de l'environnement de l'installation.....	22
3.1. Environnement humain.....	22
3.1.1. Zones urbanisées.....	22
3.1.2. Établissements Recevant du Public (ERP).....	25
3.1.3. Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et Installations Nucléaires de Base.....	25
3.1.4. Autres activités.....	26

3.1.5.	Voies de communication	27
3.1.5.1.	Axes routiers.....	27
3.1.5.2.	Autres axes de communication	29
3.1.6.	Réseaux publics et privés.....	29
3.1.7.	Autres ouvrages publics.....	31
3.2.	Environnement physique	32
3.2.1.	Contexte climatique	32
3.2.1.1.	Vent.....	32
3.2.1.2.	Température.....	34
3.2.1.3.	Précipitations.....	35
3.2.2.	Risques naturels	35
3.2.2.1.	Sismicité	36
3.2.2.2.	Mouvements de terrain.....	38
3.2.2.3.	Retrait ou gonflement des argiles	39
3.2.2.4.	Foudre	39
3.2.2.5.	Tempêtes.....	42
3.2.2.6.	Tornades.....	43
3.2.2.7.	Cyclones	45
3.2.2.8.	Incendies de forêts et de cultures.....	46
3.2.2.9.	Inondations.....	46
3.2.2.10.	La commune de Fère-Champenoise face aux risques naturels	49
3.3.	Synthèse des sensibilités de l'environnement du site d'implantation	50
4.	Description de l'installation	54
4.1.	Caractéristiques générales d'un parc éolien	54
4.1.1.	Principe de fonctionnement de l'énergie éolienne.....	54
4.1.2.	Composition d'un parc éolien terrestre.....	55
4.1.3.	Description générale d'un aérogénérateur	56
4.2.	Le parc éolien de Fère-Champenoise en fonctionnement	59
4.2.1.	Fonctionnement de l'installation	59

4.2.1.1.	Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur V117-3,3.....	59
4.2.1.2.	Contrôle et maintenance des installations	64
4.2.1.2.1.	Conduite du système.....	64
4.2.1.2.2.	Formation des personnels.....	65
4.2.1.2.3.	Entretien préventif des installations et du matériel	65
4.2.1.2.4.	Contrôles réglementaires périodiques	69
4.2.1.2.5.	Maintenance curative.....	69
4.2.1.2.6.	Prise en compte du retour d'expérience	70
4.2.1.3.	Sécurité des installations	70
4.2.1.3.1.	Respect des réglementations en vigueur	70
4.2.1.3.2.	Respect des principales normes applicables aux installations.....	71
4.2.1.3.3.	Sécurité électrique – prévention.....	73
4.2.1.3.4.	Procédures en cas d'incident et organisation des secours en cas d'accident ...	74
4.2.1.3.5.	Mesures de sécurité au niveau des installations.....	78
4.2.1.4.	Stockage et flux de produits dangereux.....	78
4.2.2.	Fonctionnement des réseaux des installations	79
4.2.2.1.	Raccordement électrique.....	79
4.2.2.1.1.	Réseau inter-éolien	79
4.2.2.1.2.	Poste de livraison.....	79
4.2.2.1.3.	Réseau électrique externe	80
4.2.2.2.	Autres réseaux.....	80
4.3.	Synthèse – le parc éolien de Fère-Champenoise	81
5.	Identification des potentiels de dangers des installations	82
5.1.	Potentiels de dangers liés aux produits	82
5.1.1.	Inventaire des produits.....	83
5.1.2.	Dangers des produits.....	84
5.1.2.1.	Inflammabilité et comportement vis-à-vis d'incendies.....	84
5.1.2.2.	Toxicité pour l'homme.....	84
5.1.2.3.	Dangerosité pour l'environnement	84
5.2.	Potentiels de dangers liés au fonctionnement des installations	85

5.3.	Réduction des potentiels de dangers à la source	86
5.3.1.	Principales actions préventives	86
5.3.1.1.	Choix de l'emplacement des installations	86
5.3.1.2.	Choix des caractéristiques des éoliennes	87
5.3.1.3.	Substitution des produits par des produits moins dangereux et réduction des quantités	87
5.3.1.4.	Substitution des équipements	87
5.3.2.	Utilisation des meilleures techniques disponibles	88
6.	Analyse des retours d'expérience – Accidentologie	89
6.1.	Inventaire des accidents et incidents survenus en France	89
6.2.	Inventaire des accidents et incidents à l'international	92
6.3.	Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant	94
6.4.	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	94
6.4.1.	Analyse de l'évolution des accidents en France	94
6.4.2.	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	95
6.5.	Limites d'utilisation de l'accidentologie	96
7.	Analyse préliminaire des risques	97
7.1.	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	97
7.2.	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	98
7.3.	Recensement des agressions externes potentielles	99
7.3.1.	Agressions externes liées aux activités humaines	99
7.3.2.	Agressions externes liées aux phénomènes naturels	102
7.4.	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	103
7.5.	Effets dominos	107
7.6.	Mise en place des mesures de sécurité	108
7.7.	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	114
8.	Analyse détaillée des risques	116
8.1.	Rappel des définitions	116
8.1.1.	Cinétique	116
8.1.2.	Intensité	116
8.1.3.	Gravité	117
8.1.4.	Probabilité	117

8.2.	Caractérisation des scénarios retenus	119
8.2.1.	Effondrement de l'éolienne	119
8.2.1.1.	Zone d'effet	119
8.2.1.2.	Intensité.....	121
8.2.1.3.	Gravité.....	121
8.2.1.4.	Probabilité	122
8.2.1.5.	Acceptabilité.....	123
8.2.2.	Chute de glace.....	124
8.2.2.1.	Considérations générales.....	124
8.2.2.2.	Zone d'effet	124
8.2.2.3.	Intensité.....	126
8.2.2.4.	Gravité.....	127
8.2.2.5.	Probabilité	127
8.2.2.6.	Acceptabilité.....	127
8.2.3.	Chute d'éléments de l'éolienne.....	128
8.2.3.1.	Zone d'effet	128
8.2.3.2.	Intensité.....	130
8.2.3.3.	Gravité.....	130
8.2.3.4.	Probabilité	131
8.2.3.5.	Acceptabilité.....	131
8.2.4.	Projection de pales ou de fragments de pales.....	132
8.2.4.1.	Zone d'effet	132
8.2.4.2.	Intensité.....	134
8.2.4.3.	Gravité.....	134
8.2.4.4.	Probabilité	135
8.2.4.5.	Acceptabilité.....	136
8.2.5.	Projection de glace	137
8.2.5.1.	Zone d'effet	137
8.2.5.2.	Intensité.....	139
8.2.5.3.	Gravité.....	139

8.2.5.4.	Probabilité	140
8.2.5.5.	Acceptabilité.....	140
8.3.	Synthèse de l'analyse détaillée des risques.....	142
8.3.1.	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés.....	142
8.3.2.	Synthèse de l'acceptabilité des risques.....	143
8.3.3.	Cartographie des risques	144
8.3.4.	Cartographie par éolienne des zones d'effets des différents scénarios étudiés.....	150
9.	Conclusion.....	155
10.	Sources	XVI
11.	Glossaire	XIX
Annexes	XXIV
Annexe 1 – Solutions Vestas pour répondre à l'arrêté du 26 août 2011		XXV
Annexe 2 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne.....		XXXIV
Annexe 3 – Tableau de l'accidentologie française		XXXVII
Annexe 4 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques		XLI
Annexe 5 – Probabilité d'atteinte et risque individuel		XLVI
Annexe 6 – Notice hygiène et sécurité Vestas		XLVIII
Annexe 7 – Arrêté 2005/169 portant création d'une distance d'éloignement pour la construction d'éoliennes à production d'électricité.....		LXVII
Annexe 8 – Courrier de GRT Gaz.....		LXX
Annexe 9 – Avis de RTE du 06 décembre 2019 concernant la ligne électrique environnante à la zone de projet		LXXIV

Liste des figures

Figure 1 : Démarche de l'analyse dans le cadre d'une étude de dangers.....	9
Figure 2 : Schéma d'implantation du parc éolien de Fère-Champenoise (Source : Green Energy 3000 GmbH).....	13
Figure 3 : Photo aérienne du projet (Source : WindPro, GoogleEarth).....	18
Figure 4 : Gisement éolien moyen en France (Source : Schéma Régional Eolien – Picardie)	32
Figure 5 : Zonage sismique de la France (Source : Ministère de la transition écologique et solidaire) .	37
Figure 6 : Carte retrait-gonflement des argiles (Source : BRGM@infoterre)	39
Figure 7 : Probabilité quotidienne d'orage en Champagne-Ardenne (Source : Keraunos).....	40
Figure 8 : Niveaux kérauniques en France (Source : EnergieFoudre).....	41
Figure 9 : Répartition mensuelle des tornades en Champagne-Ardenne toutes intensités confondues (Source : Keraunos)	44
Figure 10 : Cartographie des communes soumises au risque inondation dans le département de la Marne (Source : Dossier Départemental des Risques Majeurs – DDRM de Marne).....	48
Figure 11 : Schéma simplifié de la chaîne de conversion de l'énergie d'une éolienne (chaîne cinématique) (Source : document interne à l'entreprise)	55
Figure 12 : Schéma descriptif d'un parc éolien terrestre (rapports d'échelle non représentatifs) (Source : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement, Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer)	56
Figure 13 : Schéma d'ensemble d'une éolienne (Source : Green Energy GmbH)	56
Figure 14 : Schéma Type d'une Nacelle (Source : EISE, Vestas).....	58
Figure 15 : Composants de la nacelle (Source : Vestas).....	63
Figure 16 : Schéma simplifié de la chaîne cinématique (Source : Vestas).....	63
Figure 17 : Schémas représentatifs d'une nacelle Vestas (Source : Vestas	63
Figure 18 : Une pale Vestas en usine (Source photo : Vestas)	72
Figure 19 : Procédure type en cas d'urgence (Source : document interne à l'entreprise).....	78
Figure 20 : Raccordement électrique des installations (Source : Vestas)	79
Figure 21 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (Source Guide technique élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens- mai 2012)	91
Figure 22 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011	92
Figure 23 : Répartition des causes premières d'effondrement	93
Figure 24 : Répartition des causes premières de rupture de pale	93
Figure 25 : Répartition des causes premières d'incendie	94
Figure 26 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et du nombre d'éoliennes installées	95

Liste des tableaux

Tableau 1 : Nomenclature des installations classées (Source: Ministère de la transition écologique et solidaire)	11
Tableau 2 : Coordonnées géographiques des éoliennes et du poste de livraison	19
Tableau 3 : Références cadastrales des éoliennes et du poste de livraison	19
Tableau 4 : Distances en mètres de chaque éolienne vis-à-vis des zones à usage d'habitation dans l'environnement proche et éloigné du site d'implantation (Source : WindPro, document interne à l'entreprise)	24
Tableau 5 : Recensement de la population 2015 (Source : INSEE)	24
Tableau 6 : Installations classées ICPE dans l'environnement proche du site d'implantation (Base des installations classées, MEDDE)	25
Tableau 7 : Distances d'éloignement des éoliennes du projet vis-à-vis des principaux axes routiers	29
Tableau 8 : Distance d'éloignement des éoliennes par rapport aux réseaux publics et privés les plus proches	30
Tableau 9 : Distance préconisée par RTE entre chaque éolienne et la ligne HTB	30
Tableau 10 : Nouvelle distance entre chaque éolienne et la ligne HTB suite à la demande de compléments et en réponse aux préconisations de RTE	30
Tableau 11 : La température la plus élevée en °C (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)*	34
Tableau 12 : La température la plus basse en °C (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)*	34
Tableau 13 : Températures moyennes en °C (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)	34
Tableau 14 : Nombre moyens de jours avec (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)	34
Tableau 15 : La hauteur quotidienne maximale de précipitations en mm (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)*	35
Tableau 16 : Hauteur de précipitations (moyenne en mm) (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)	35
Tableau 17 : Nombre moyen de jours avec (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)	35
Tableau 18 : Les rafales maximales de vent en m/s (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)* .42	
Tableau 19 : Nombre moyen de jours avec rafales (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)	42
Tableau 20 : Vitesse du vent moyennée sur 10 mn (moyenne en m/s) (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)	42
Tableau 21 : Tornades recensées en liste principale dans la Marne (Source : Keraunos)	44
Tableau 22 : Distances d'éloignement des éoliennes du projet vis-à-vis des forêts et boisements	46

Tableau 23 : Catastrophe naturelle relevée sur la commune de Fère-Champenoise (Source : Prim.net).....	48
Tableau 24 : Récapitulatif de l'ensemble des sensibilités et des enjeux du site d'implantation dans son état initial.....	51
Tableau 25 : Fonctionnement de l'éolienne V117-3,3 en fonction des vitesses de vent (Source : Vestas).....	60
Tableau 26 : Découplage fonctionnel d'une éolienne V117-3,3 (Source : Vestas).....	61
Tableau 27 : Principales opérations de maintenance lors de l'inspection des 3 mois (Source : Étude de dangers, Vestas)	65
Tableau 28 : Opérations de maintenance supplémentaires lors des inspections annuelles (Source : Étude de dangers, Vestas)	67
Tableau 29 : Certifications de type CE (Source : Vestas).....	71
Tableau 30 : Données informatives sur le poste de livraison	79
Tableau 31 : Coordonnées géographiques du poste de livraison.....	80
Tableau 32 : Récapitulatif des caractéristiques principales de l'éolienne V117-3,3 (Source : Vestas)	81
Tableau 33 : Inventaire des produits présents au sein des turbines Vestas (Source : Vestas).....	83
Tableau 34 : Dangers potentiels liés au fonctionnement du parc éolien (Source : Vestas).....	85
Tableau 35 : Synthèse des principales agressions externes liées aux activités humaines.	100
Tableau 36 : Synthèse des principales agressions externes liées aux phénomènes naturels	102
Tableau 37 : Analyse des scénarios d'accidents	104
Tableau 38 : Scénarios à exclure de l'étude détaillée des risques.....	114
Tableau 39 : Intensité et degré d'exposition	117
Tableau 40 : Détermination de la gravité d'un risque	117
Tableau 41 : Classes de probabilité utilisée pour caractériser les risques.....	118
Tableau 42 : Nombre de personnes permanentes exposées dans le cadre du scénario de l'effondrement de l'éolienne	119
Tableau 43 : Intensité de l'effondrement d'une l'éolienne	121
Tableau 44 : Gravité de l'effondrement des éoliennes du projet.....	122
Tableau 45 : Probabilité d'effondrement d'une éolienne selon la littérature	122
Tableau 46 : Niveau d'acceptabilité des risques en cas d'effondrement de l'éolienne	123
Tableau 47 : Nombre de personnes permanentes exposées dans le cadre du scénario de chute de glace	126
Tableau 48 : Intensité du risque de chute de glace	126
Tableau 49 : Gravité en cas de chute de glace.....	127
Tableau 50 : Niveau d'acceptabilité des risques en cas de chute de glace.....	127

Tableau 51 : Nombre de personnes permanentes exposées dans le cadre du scénario de chute d'éléments de l'éolienne	128
Tableau 52 : Intensité de la chute d'éléments des éoliennes	130
Tableau 53 : Gravité en cas de chute d'éléments des éoliennes	130
Tableau 54 : Niveau d'acceptabilité des risques en cas de chute d'éléments des éoliennes.....	131
Tableau 55 : Nombre de personnes permanentes exposées dans le cadre du scénario de projection de pales ou de fragments de pales	134
Tableau 56 : Intensité de la chute de projection de pales ou de fragments de pales	134
Tableau 57 : Gravité en cas de projection de pales ou fragments de pales.....	135
Tableau 58 : Probabilité de projection de pales ou de fragments de pales	135
Tableau 59 : Niveau d'acceptabilité des risques en cas de projection de pales ou de fragments de pales	136
Tableau 60 : Nombre de personnes permanentes exposées dans le cadre du scénario de projection de glace.....	139
Tableau 61 : Intensité en cas de projection de glace.....	139
Tableau 62 : Gravité en cas de projection de glace	140
Tableau 63 : Niveau d'acceptabilité des risques en cas de glace	141
Tableau 64 : Synthèse de l'analyse des risques.....	142

Sigles

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AEP	Alimentation en Eau Potable
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
D	Départemental
DDRM	Dossier Départemental des Risques Majeurs
DEIE	Dispositif d'Échange d'Information et d'Exploitation
DRI	Direction des Routes et Infrastructures
EDF	Électricité De France
ERDF	Électricité Réseau Distribution de France
ERNMT	État des Risques Naturels, Miniers et Technologiques
ERP	Etablissement Recevant du Public
FDS	Fiche de Données de Sécurité
FEE	France Énergie Éolienne
HTB	Haute Tension B
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IGN	Institut Géographique National
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
ISO	Organisation Internationale de Normalisation
MSA	Moyenne Journalière Annuelle
Norme EN	Norme Européenne
Norme NF	Norme Française
PDL	Poste De Livraison
PPR	Plan de Prévention des Risques
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SDIS	Service Départemental d'Incendie et de Secours
SER	Syndicat des Énergies Renouvelables
SF6	Hexafluore de soufre
SRE	Schéma Régional Éolien
ZE	Zone d'Effet
ZI	Zone d'Impact

Unités

%	Pourcentage
°	Degré
°C	Degré Celcius
GWh	Gigawattheure
h	Heure
ha	Hectare
Hz	Hertz
kg	Kilogramme
km	Kilomètre
km/h	Kilomètre par heure
kV	Kilovolt
kW	Kilowatt
l	Litre
m	Mètre
m/s	Mètre par seconde
m²	Mètre carré
m³	Mètre cube
mm/s	Millimètre par seconde
mm²	Millimètre carré
MW	Mégawatt
MWh	Mégawattheure
MWh/an	Mégawattheure par an
Ng	Niveau de foudroisement
Nk	Niveau céraunique
Pa	Pascal
t	Tonne
tr/min	Tour par minute
TWh	Térawattheure
v	Volt

1. Introduction

1.1. Avant-propos

En France, la transition énergétique est au cœur de la politique et le développement des énergies renouvelables en est l'un des piliers fondamentaux. Les énergies renouvelables contribuent tout particulièrement au développement énergétique durable, qui permet non seulement de renforcer l'indépendance énergétique de la France, mais également de valoriser toutes les sources ainsi que de développer des emplois locaux et des filières industrielles d'avenir. Dans ce contexte, l'objectif de la France (dans le cadre de la loi n°2015-992 relative à la transition énergétique pour une croissance verte du 17 août 2015) est de porter d'ici à 2030 à 32 %, la part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique finale, contre 15,6 % en 2016¹.

Le rythme actuel de développement des énergies renouvelables reste à accélérer pour atteindre l'objectif de 2030. Le projet éolien sur la commune de Fère-Champenoise s'intègre dans ce contexte de mise en place d'une politique de développement durable à la fois locale, nationale et internationale, à travers l'épanouissement des énergies renouvelables.

Si les éoliennes ont évolué en taille et en puissance dans le monde entier, leur technologie actuelle est également sensiblement différente des premières éoliennes installées. Les technologies sont aujourd'hui plus sûres et plus fiables grâce à de nombreuses évolutions telles que :

- les freins manuels (sur le moyeu) de rotor qui ont été remplacés par des systèmes de régulation aérodynamiques (pitch), évitant l'emballement et assurant des vitesses de rotation nominales constantes ;
- l'évolution des matériaux des pales vers des fibres composites ;
- le développement de nouveaux systèmes de communication par fibre optique, satellites, etc. qui ont permis d'améliorer la supervision des sites et la prise de commande à distance ;
- l'installation de nouveaux systèmes de sécurité (détection de glace, vibrations, arrêt automatiques, etc.).

Ainsi, les premiers incidents qui ont été rencontrés (bris de pales, incendies, effondrement, etc.) ont amené les constructeurs à améliorer sans cesse leurs aérogénérateurs. Grâce à ces évolutions (et le

¹ <http://www.enr.fr/editorial/65/Les-enjeux-pour-la-France>

retour d'expérience le montre bien) les incidents sont aujourd'hui très rares et concernent en majorité des éoliennes d'ancienne génération.

Il convient aussi de noter qu'à ce jour, en France et dans le monde, aucun accident n'a entraîné la mort d'une personne tierce (promeneurs, riverains) du fait de l'effondrement d'éoliennes, de bris de pales ou de projections de fragment de pales.

La loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte publiée le 18 août 2015 a réaffirmée la nécessité du développement de la filière éolienne pour atteindre les objectifs nationaux fixés. **Conformément à cette nouvelle réglementation, les exploitants sont notamment amenés à formaliser leur savoir-faire en matière de maîtrise des risques dans une étude de danger.**

1.2. Contexte réglementaire

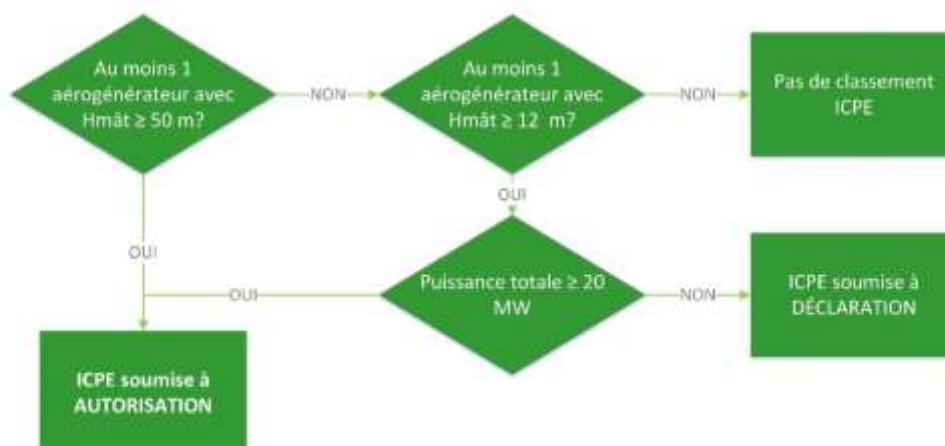
1.2.1. Application du régime des installations classées aux parcs éoliens

En application de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite loi Grenelle II, les éoliennes sont soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

En effet, l'article 90 de ladite loi précise que « les installations terrestres de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent constituant des unités de production telles que définies au 3° de l'article 10 de la loi n°2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité, et dont la hauteur des mâts dépasse 50 mètres sont soumises à autorisation au titre de l'article L. 511-2, au plus tard un an à compter de la date de publication de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 précitée. »

Le décret n°2011-984 du 23 août 2011, modifiant l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, crée la rubrique 2980 pour les installations de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs. Il prévoit deux régimes d'installations classées pour les parcs éoliens terrestres :

- Le régime d'autorisation pour les installations comprenant au moins une éolienne dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m et pour les installations comprenant uniquement des éoliennes dont le mât a une hauteur comprise entre 12 et 50 m et dont la puissance totale est supérieure ou égale à 20 MW ;
- Le régime de déclaration pour les installations comprenant uniquement des éoliennes dont le mât a une hauteur comprise entre 12 et 50 m et dont la puissance totale est inférieure à 20 MW



La réglementation prévoit que, dans le cadre d'une demande d'autorisation d'exploiter, l'exploitant doit réaliser une étude de dangers.

Enfin, 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 prévoit un certain nombre de dispositions par rapport à l'implantation, la construction, l'exploitation et la prévention des risques. Ces prescriptions nationales sont applicables à tous les nouveaux parcs éoliens et, pour partie, aux installations existantes. Elles devront être prises en compte dans le cadre de l'étude de dangers.

1.2.2. Réglementation relative à l'étude de dangers

L'étude de dangers est définie à l'article R 512-9 et au III de l'article D 181-15-2 du code de l'environnement, 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. Les impacts de l'installation sur ces intérêts en fonctionnement normal sont traités dans l'étude d'impact sur l'environnement.

Article D181-15-2 III du Code de l'environnement :

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

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

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

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

Les intérêts visés à l'article L. 511-1 sont la commodité du voisinage, la santé, la sécurité, la salubrité publiques, l'agriculture, la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, l'utilisation rationnelle de l'énergie, la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique. Cependant, il convient de noter que l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation 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 s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement (notamment le paysage et infrastructures publiques ou privées), 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 donc 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.

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

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.

Enfin, d'autres textes législatifs et réglementaires, concernant les installations classées soumises à autorisation, s'appliquent aux études de dangers, notamment en ce qui concerne les objectifs et la méthodologie à mettre en œuvre :

- **Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003** relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ;
- **Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005** modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement ;
- **Arrêté du 10 mai 2000** relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- **Arrêté du 29 septembre 2005** modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;
- **Circulaire du 10 mai 2010** récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

1.3. Objectifs de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objectifs de **caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques et les dangers potentiels liés à la mise en service du parc éolien de Fère-Champenoise** dans la mesure du possible (c'est-à-dire technologiquement réalisable et économiquement acceptable), que les 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 devant être proportionnée aux risques présentés (risques d'origine externe ou interne), 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 à la complexité des installations et de leurs risques.

Elle précise notamment l'ensemble des mesures de maîtrise des risques qui seront mises en œuvre sur le parc éolien, permettant de réduire le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable.

L'étude de dangers permet ainsi une approche rationnelle et objective des risques encourus par les personnes ou l'environnement et démontre la capacité de maîtrise du risque de l'exploitant, 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.**

1.4. Démarche générale

Afin de pouvoir répondre aux objectifs et aux enjeux posés dans le cadre d'une étude de dangers, il est indispensable de :

- **Identifier les enjeux pour permettre une bonne caractérisation des conséquences des accidents** (présence et vulnérabilité de maisons, infrastructures, etc.). Cette étape s'appuie sur une description et caractérisation de l'environnement.
- **Connaître les équipements étudiés pour permettre une bonne compréhension des dangers potentiels qu'ils génèrent.** Cette étape s'appuie sur une description des installations et de leur fonctionnement.
- **Identifier les potentiels de danger.** Cette étape s'appuie sur une identification des éléments techniques et la recherche de leurs dangers. Suit une étape de réduction / justification des potentiels.
- **Connaître les accidents qui se sont produits sur le même type d'installation pour en tirer des enseignements** (séquences des événements, possibilité de prévenir ces accidents, etc.). Cette étape s'appuie sur un retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs).
- **Analyser les risques inhérents aux installations étudiées en vue d'identifier les scénarios d'accidents possibles** (qui se sont produits et qui pourraient se produire). Cette étape utilise notamment les outils d'analyses de risques classiques (tableaux d'Analyse Préliminaire des Risques par exemple).
- **Caractériser et classer les différents phénomènes et accidents en termes de probabilités, cinétique, intensité et gravité.** C'est l'étape détaillée des risques, avec mise en œuvre des outils de quantification en probabilité et en intensité / gravité.
- **Réduire le risque si nécessaire.** Cette étape s'appuie sur des critères d'acceptabilité du risque : si le risque est jugé inacceptable, des évolutions et mesures d'amélioration sont proposées par l'exploitant.
- **Représenter le risque.** Cette étape s'appuie sur une représentation cartographique.
- **Résumer l'étude de dangers.** Cette étape s'appuie sur un résumé non technique de l'étude des dangers.

Le graphique ci-après synthétise ces différentes étapes et leurs objectifs :

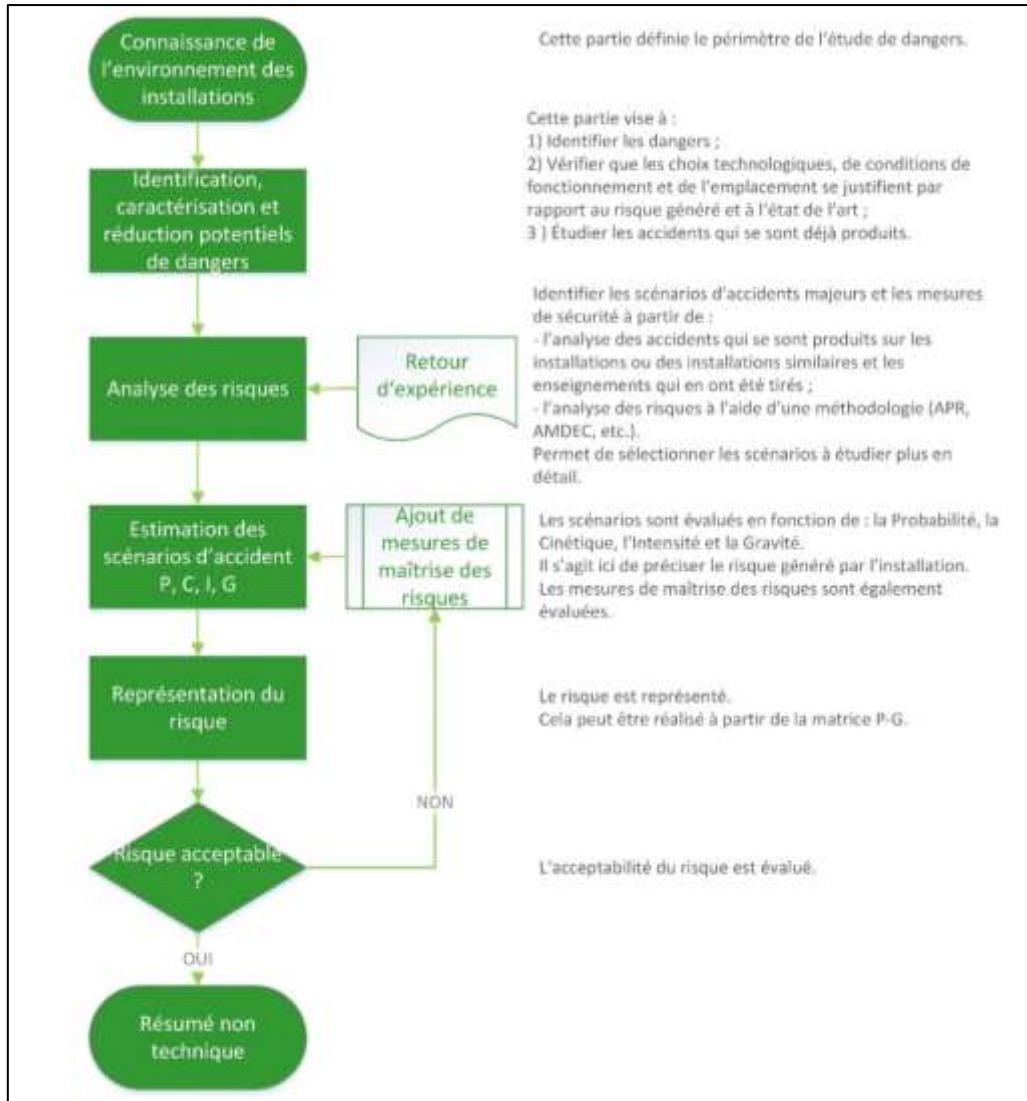
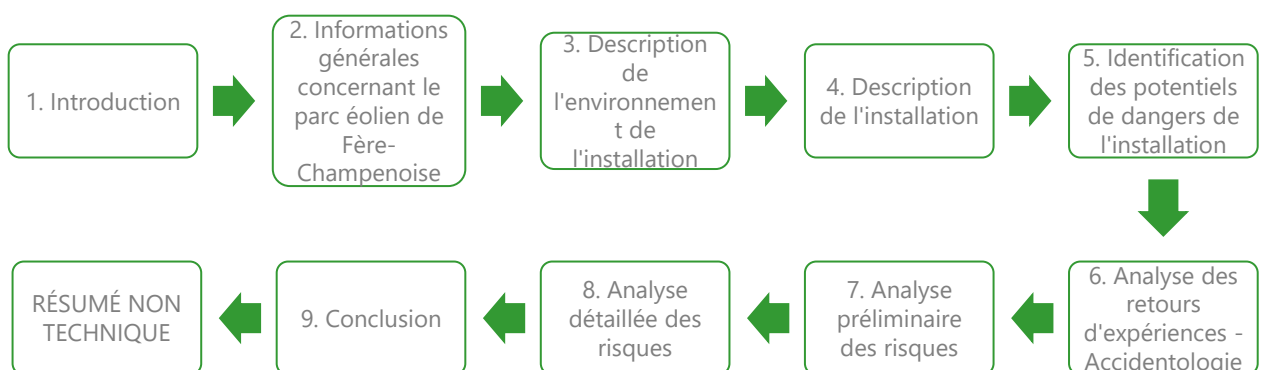


Figure 1 : Démarche de l'analyse dans le cadre d'une étude de dangers

Conformément aux réglementations en vigueur, la présente étude de dangers pour le parc éolien de Fère-Champenoise comporte les chapitres suivants :



1.5. Méthodologie

La présente étude de dangers est basée sur le guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens (INERIS, FEE, SER, 2012).

Bien que deux types d'éoliennes – les éoliennes V117-3,3 du fabricant Vestas ou les éoliennes N117-3 du producteur Nordex – soient envisagés pour le parc éolien de Fère-Champenoise, la présente étude se concentre sur l'éolienne V117-3,3. En effet, la hauteur de nacelle et donc la hauteur hors tout de l'éolienne V117-3,3 étant légèrement supérieure à celle de l'éolienne N117, l'utilisation des données techniques de la V117-3,3 permet d'analyser dans l'étude de dangers le « pire des scénarios ».

Par ailleurs, le fabricant des éoliennes (Vestas) a fourni un exemplaire d'étude de dangers, adaptée au modèle V117-3,3. Les conclusions présentées dans la présente étude de dangers sont basées sur les données de l'éolienne V117-3,3.

Il est également important de souligner ici que l'étude de dangers complète a été adaptée précisément au présent projet éolien.

L'ensemble des sources et des bibliographies nécessaires à l'élaboration de la présente étude de dangers est présenté en fin de document, au paragraphe « Sources ».

2. Informations générales concernant le parc éolien de Fère-Champenoise

2.1. Intitulé, type d'activité et identification des principales rubriques ICPE

Le présent projet, objet de cette demande d'autorisation environnementale, s'intitule : « **Projet éolien de Fère-Champenoise** ». Il s'agit d'un projet d'injection d'énergie dans le réseau électrique à travers l'implantation de quatre aérogénérateurs. 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 :

Tableau 1 : Nomenclature des installations classées (Source: Ministère de la transition écologique et solidaire)

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 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 b) Inférieure à 20 MW	A	6
		A D	6
{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			

Étant composé de 4 machines dont les mâts ont une hauteur supérieure à 50 mètres, le parc éolien de Fère-Champenoise est soumis au régime d'autorisation.

2.2. Identité des intervenants et renseignements administratifs

2.2.1. Identité du porteur de projet

<u>Dénomination :</u>	Green Energy 3000 GmbH
<u>Numéro d'immatriculation :</u>	HRB 20869 (Registre du commerce de Leipzig - Allemagne)
<u>Forme juridique :</u>	GmbH (équivalent Société à responsabilité limitée)
<u>Principales activités de l'entreprise :</u>	Planification et mise en œuvre de de projets dans le domaine des énergies renouvelables
<u>Adresse du siège :</u>	Green Energy 3000 GmbH Torgauer Straße 231 04347 Leipzig (Allemagne)
<u>Établissement principal en France :</u>	Green Energy 3000 France s.a.r.l. Parc Technologique de Lyon 333 Cours du 3 ^{ème} Millénaire 69800 Saint Priest - France
<u>Directeur :</u>	Allonayi Ange-José Da Gbadji

2.2.2. Identité du demandeur et de la société d'exploitation

<u>Dénomination :</u>	Énergie du partage 8
<u>SIRET (Siège) :</u>	812 390 979 R.C.S. Reims
<u>Date d'immatriculation :</u>	03.07.2015
<u>Forme juridique :</u>	Société à responsabilité limitée
<u>Adresse du siège :</u>	S/C Green Energy 3000 France s.a.r.l. 8 bis rue Gabriel Voisin - CS 40003 51688 Reims Cedex 02- France
<u>Directeur :</u>	Allonayi Ange-José Da Gbadji

2.3. Description sommaire du projet

Le parc éolien de Fère-Champenoise, sera composé de **4 aérogénérateurs** de type V117-3,3 du fabricant Vestas, ou N117 du fabricant Nordex ou équivalent, **d'un poste de livraison** relié au poste source disponible le plus proche, d'un **réseau de câbles inter-éolien** et d'un **réseau de chemins d'accès** permettant d'accéder aux éoliennes pendant leur construction ainsi que pendant leur exploitation.

D'une puissance nominale de 13,2 MW (s'il est composé d'éoliennes Vestas 117 de 3,3 MW) ou de 12 MW (s'il est composé des éoliennes Nordex 117 de 3 MW), le parc éolien sera maintenu régulièrement sur une période d'au moins 20 ans. Les travaux de construction, de maintenance ou de démantèlement se feront conformément aux réglementations en vigueur. La remise en état initial du site est également assurée.

Les éoliennes seront construites en dehors des zones de contraintes fortes en privilégiant une implantation en limite parcellaire, le long des chemins, de façon à ne pas entraver les activités agricoles.

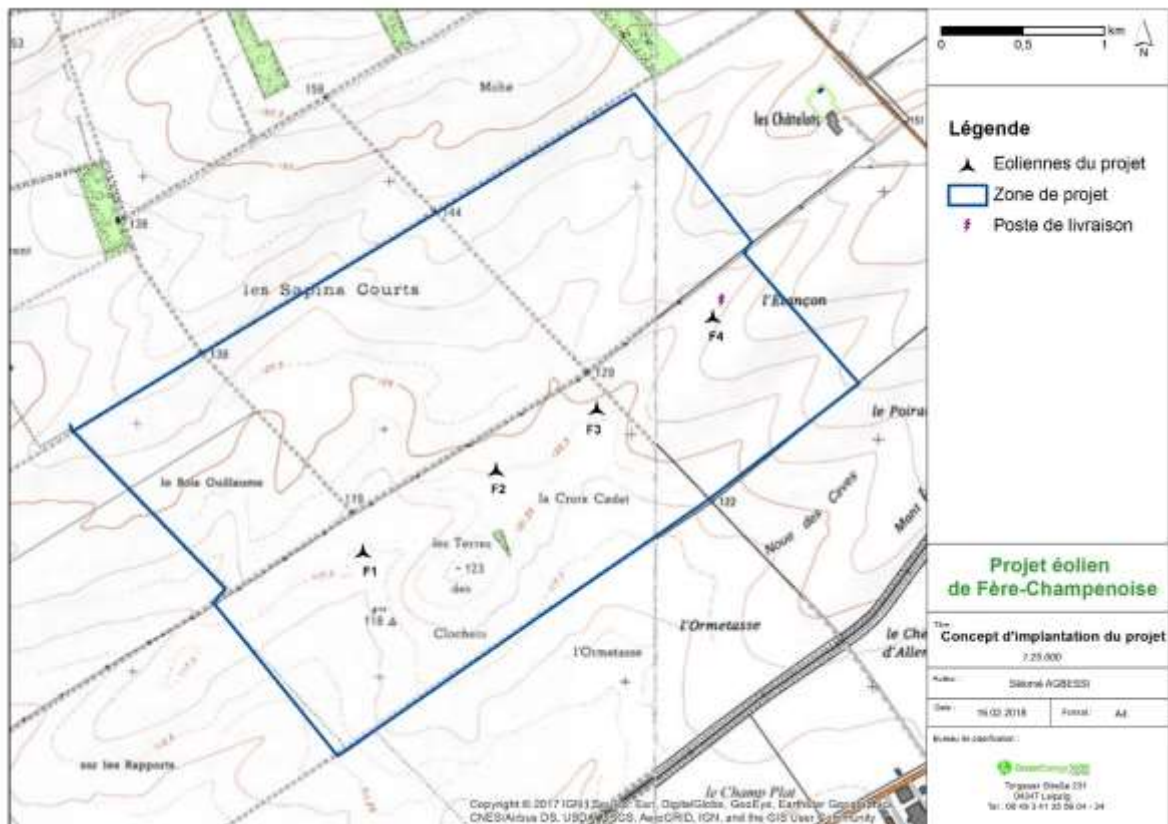


Figure 2 : Schéma d'implantation du parc éolien de Fère-Champenoise (Source : Green Energy 3000 GmbH)

2.4. Localisation du projet

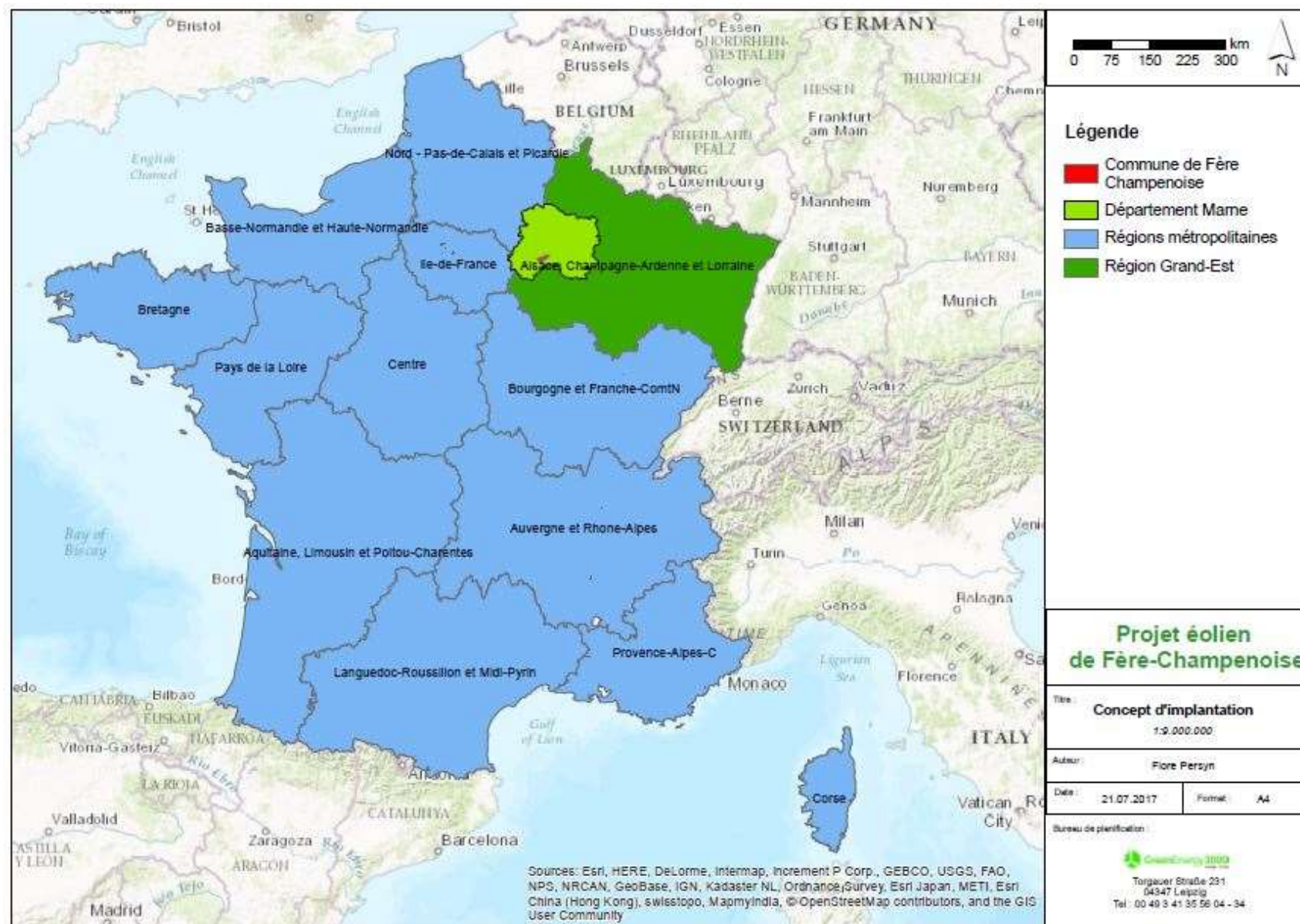
2.4.1. Localisation du projet et du site d'implantation

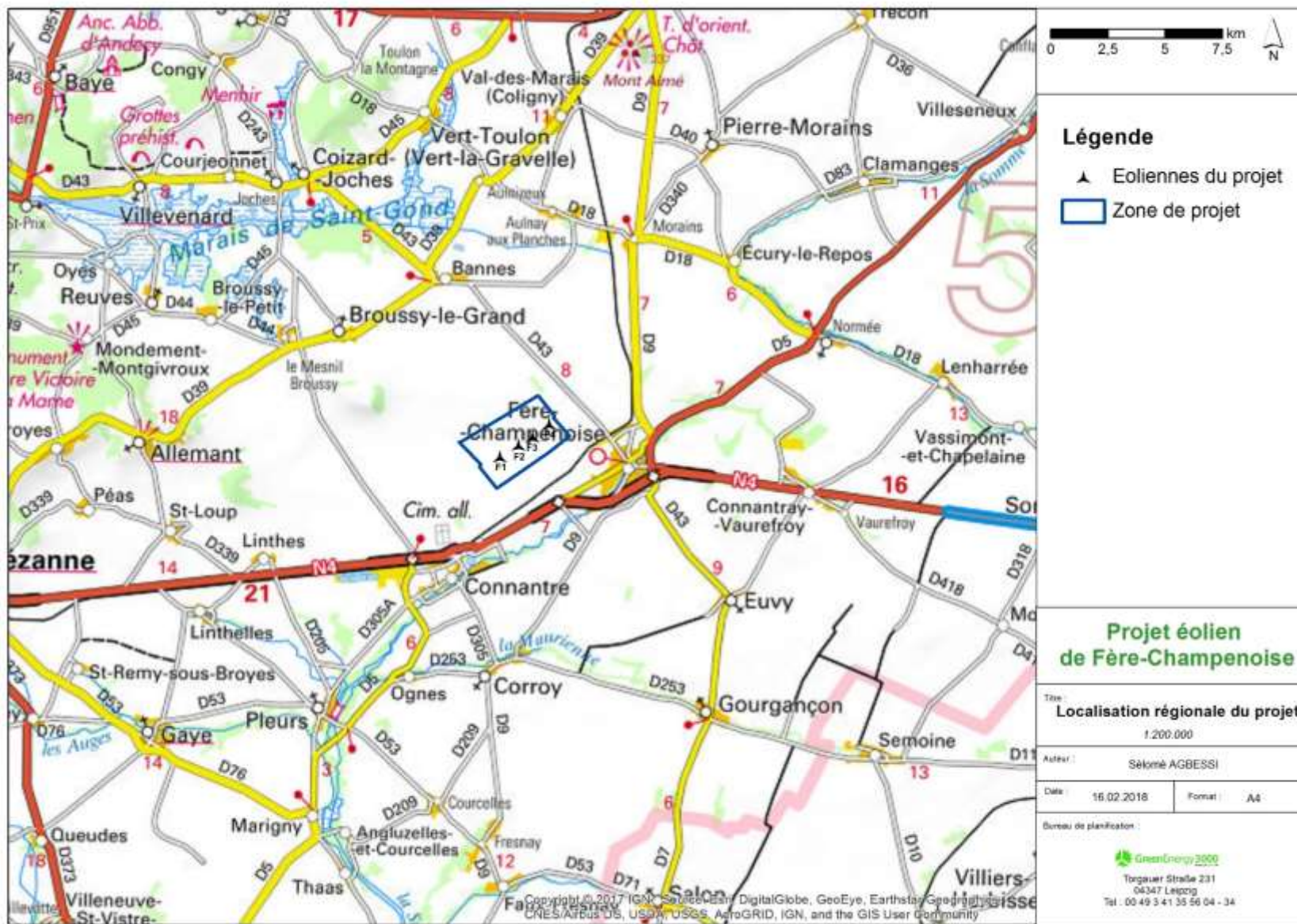
Le site d'implantation du projet éolien de Fère-Champenoise est localisé dans la région « Grand Est » (regroupant les anciennes régions de Champagne-Ardenne, Alsace et Lorraine), dans le département de la Marne (51), sur la commune de Fère-Champenoise. Cette dernière se situe à environ 35 kilomètres du sud-Ouest de Châlons-en-Champagne et à environ 60 kilomètres du Sud de Reims.

La commune fait partie de la Communauté de Communes du Sud Marnais et plus précisément du canton de Fère-Champenoise. Ce Canton est composé de 14 communes²: Angluzelles-et-Courcelles, Bannes, Broussy-le-Grand, Connantray-Vaufrey, Connantre, Corroy, Courcemain, Euvy, Faux-Fresnay, Fère-Champenoise, Grougançon, , Marigny, Oignes, Thaas.

Les cartes suivantes permettent de localiser la commune de Fère-Champenoise ainsi que le site d'implantation aux échelles nationales, régionales et locales.

² http://www.cc-sudmarnais.fr/scripts/files/582coab47c40b2.44754819/rapport_activites__2015-compressed.pdf





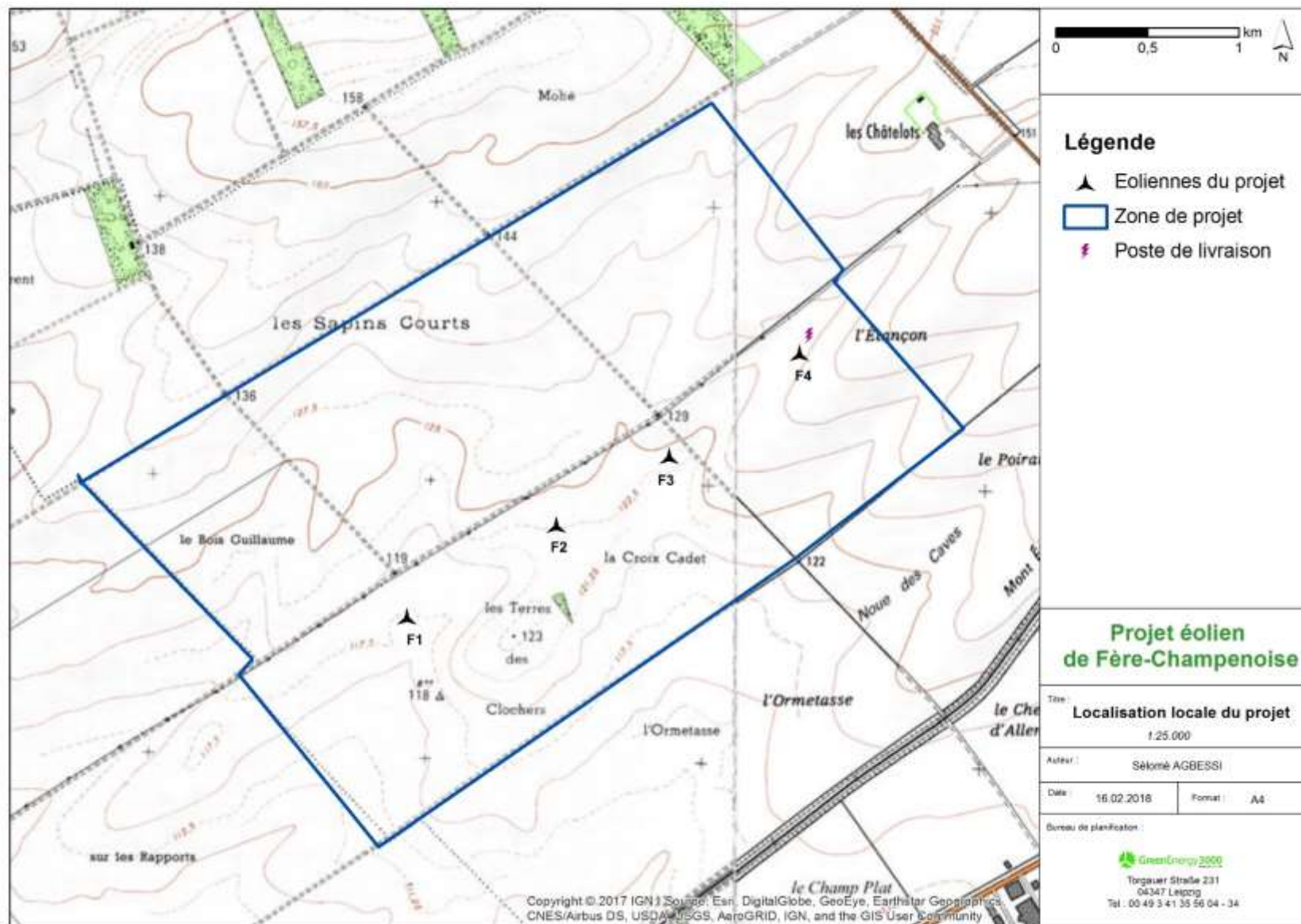




Figure 3 : Photo aérienne du projet (Source : WindPro, GoogleEarth)

2.4.2. Références cadastrales

Les tableaux ci-après indiquent le placement géographique planifié des éoliennes et du poste de livraison du parc de Fère-Champenoise ainsi que les parcelles concernées par le projet ; le nom et l'adresse de leurs propriétaires.

Tableau 2 : Coordonnées géographiques des éoliennes et du poste de livraison

Nom	Système WGS84		Système Lambert 93 (mètres)		Z [m]
	Longitude	Latitude	X	Y	
F1	3°56'26,29034"	48°45'20,15577"	769.150,144	6.851.021,845	117,32
F2	3°56'51,60771"	48°45'30,25550"	769.663,372	6.851.339,932	122,48
F3	3°57'13,35000"	48°45'38,72055"	770.104,160	6.851.606,700	123,48
F4	3°57'38,41318"	48°45'51,88776"	770.610,942	6.852.019,542	135,63
PDL	3°57'37,23042"	48°45'53,27387"	770.586,274	6.852.062,055	132,65

Tableau 3 : Références cadastrales des éoliennes et du poste de livraison

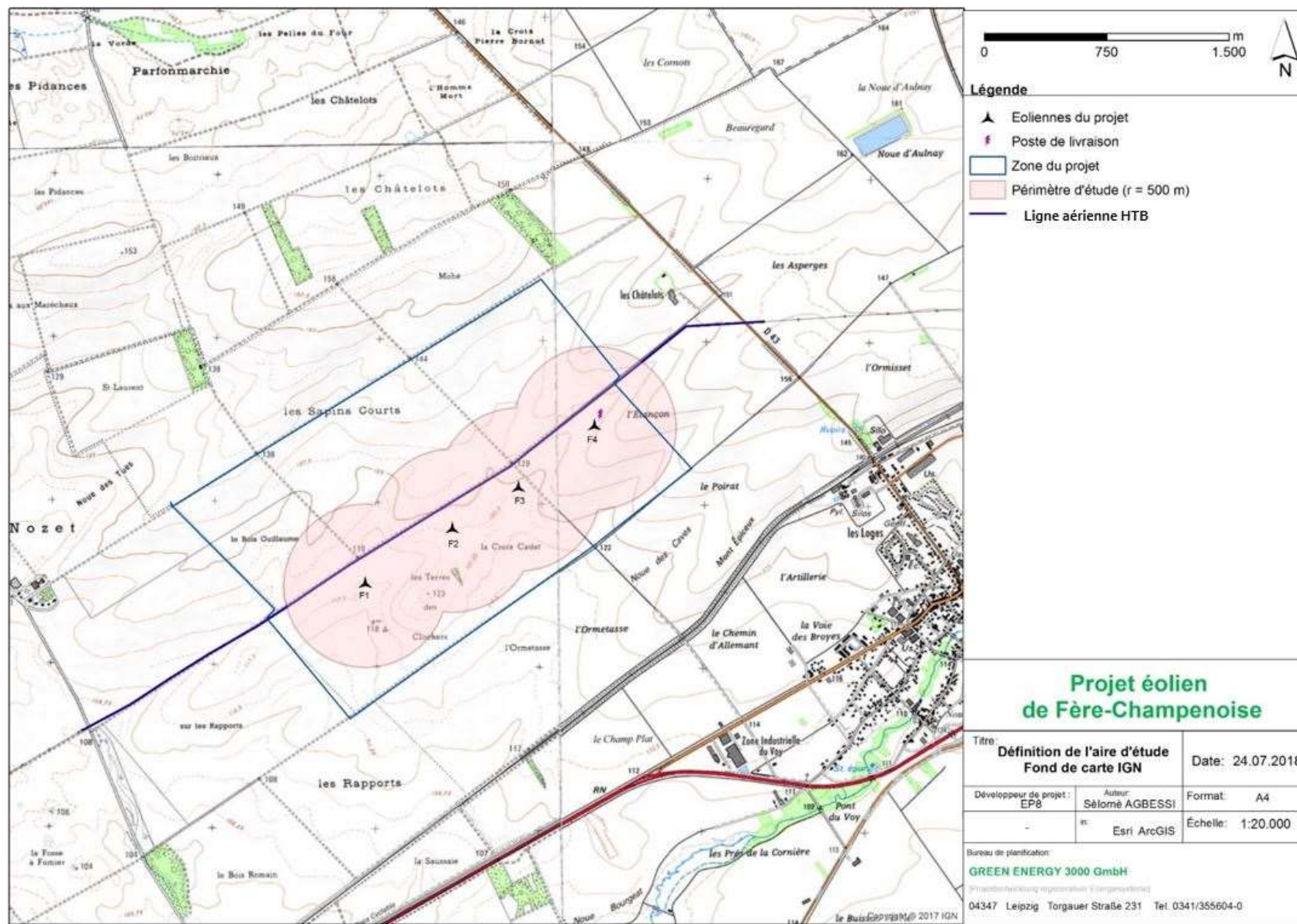
Nom	Commune	Lieu-dit	Section / N° de parcelle	Superficie du terrain	Propriétaires fonciers	
					Nom	Coordonnées
F1	Fère- Champenoise	Terre des Clochers	VA/3	251 692 m ²	M. Patrick FLEUREAU	31, rue St Appolinaire 51230 Broussy-le-grand
					Mme. Monique GUILLEMET	234, rue Weygand 51230 Fère-Champenoise
F2	Fère- Champenoise	Croix Cadet	VA/5	228 662 m ²	M. Christian LHEUREUX	211, rue des Potaits 51230 Linthes
					M. Philippe et Vincent LHEUREUX-BRIDON	318, rue Foch 51230 Fère- Champenoise
F3	Fère- Champenoise	Croix Cadet	VA/11	65 621 m ²	M. & Mme Henri. et Ginette MASSIN	105, rue du Dr. Plicot 51230 Fère-Champenoise
F4	Fère- Champenoise	L'Etaçon	VH/12	198 825 m ²	M. Claude GIBART	37, rue Montebello 51120 Sézanne
PDL	Fère- Champenoise	L'Etaçon	VH/12	198 825 m ²	M. Claude GIBART	37, rue Montebello 51120 Sézanne

2.5. Définition de l'aire d'étude

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 mètres 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 dans l'analyse détaillée des risques.

La zone d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des scénarios et phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.



3. Description de l'environnement de l'installation

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone d'étude de l'installation, afin d'identifier les principaux intérêts à protéger (enjeux) et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement (risques naturels) vis-à-vis du futur parc éolien de Fère-Champenoise.

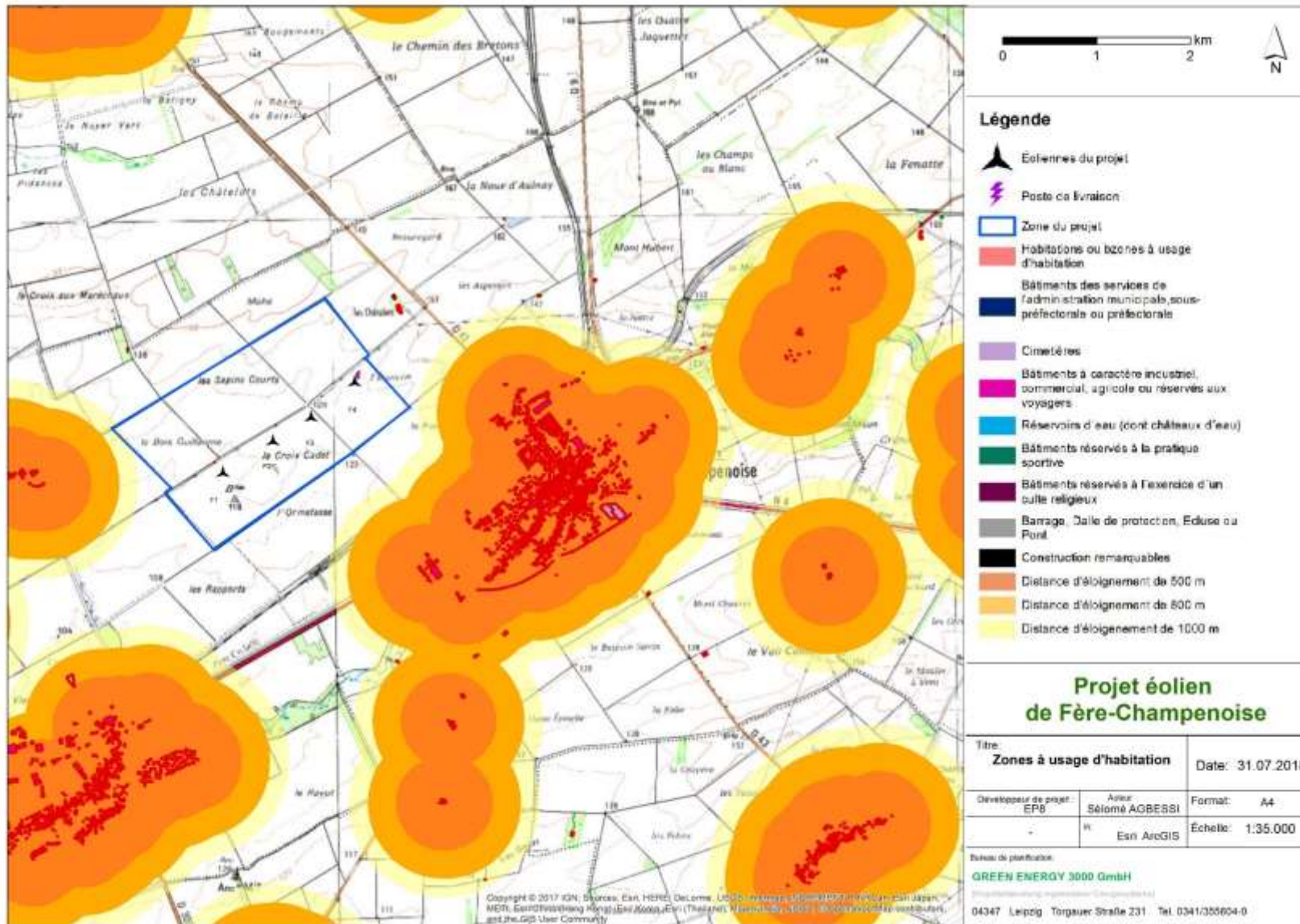
Certains éléments se retrouvent également dans l'étude d'impacts. Des ajouts pertinents dans le cadre de l'étude de dangers ont toutefois été ajoutés, permettant de répondre aux objectifs fixés ci-dessus.

3.1. Environnement humain

3.1.1. Zones urbanisées

La carte suivante montre la distance des éoliennes par rapport aux habitations les plus proches.

Les cercles oranges, d'un rayon de 500 mètres permettent de visualiser clairement que chaque éolienne du parc sera implantée à des distances suffisantes et même supérieures aux réglementations en vigueur (distance minimum de 500 mètres) des zones à usage d'habitation.



Les distances des éoliennes par rapport aux zones à usage d'habitation les plus proches sont les suivantes :

Tableau 4 : Distances en mètres de chaque éolienne vis-à-vis des zones à usage d'habitation dans l'environnement proche et éloigné du site d'implantation (Source : WindPro, document interne à l'entreprise)

Zones de bruit réglementées	F1	F2	F3	F4
Bannes	5153	5331	5200	5093
Broussy-le-Grand	6301	5816	6070	6611
Connantre	4626	3691	4214	5249
Distillerie de Morains	6395	7278	6766	5856
Fère-Champenoise	1922	2610	2177	1644
Ferme Sainte-Sophie	4565	3460	4089	5226
Ferme Nozet	3158	2167	2719	3765
Industrie Vivescia	2167	3195	2603	1643
Les châtelots	1567	2649	2029	919
Morains	6508	7472	6917	5915
Sucrerie de Connantre	5240	4165	4776	5905
Zone industrielle de Voy	1976	2440	2119	2029

On compte dans les communes les plus proches de la zone d'études les nombres d'habitants suivants :

Tableau 5 : Recensement de la population 2015 (Source : INSEE)

Zones à usage d'habitation	Population totale
Bannes	305
Broussy-le-Grand	323
Connantre	1134
Fère-Champenoise	2242

Les distances réglementaires d'éloignement des aérogénérateurs vis-à-vis des habitations sont donc largement respectées.

3.1.2. Établissements Recevant du Public (ERP)

Comme défini dans le chapitre 4 « Etat initial du site d'implantation et de son environnement » de l'étude d'impact, les Établissements Recevant du Public (ERP) sont caractérisés par le Ministère de la transition écologique et solidaire comme des « *bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises, soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitation, payantes ou non* ».

De par cette définition, la mairie, les salles de loisirs et l'église de Saint-Thimothée sont considérées comme des ERP. Celles-ci se situent à plus d'un kilomètre de l'éolienne la plus proche du projet éolien de Fère-Champenoise et ne représentent donc pas un enjeu.

Aucun ERP ne se situe dans la zone d'étude.

3.1.3. Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et Installations Nucléaires de Base

Le Ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) fournit une liste de l'ensemble des installations classées ICPE dans sa base de données nationale.

Les installations classées ICPE ou les installations nucléaires de base dans l'environnement proche du site d'implantation sont les suivantes :

Tableau 6 : Installations classées ICPE dans l'environnement proche du site d'implantation (Base des installations classées, MEDDE)

Nom	Adresse d'exploitation	Activité principale	Régime	Statut Seveso	Distance par rapport à l'éolienne la plus proche
Gaec de la Croix Beaulieu	Route de Corroy 51230 Fère-Champenoise	Culture et production animale, chasse et services annexes	Enregistrement	Non Seveso	Env. 2,75 km (de l'éolienne F4)
Société des Emballages Moules	48 rue du Pont de la Saule 51230 Fère-Champenoise	Industrie du papier et du carton	Autorisation	Non Seveso En cours de liquidation	Env. 2,30 km (de l'éolienne F4)
Connantre	D5 51230 Connantre	Fabrication de sucre	Autorisation	Non Seveso	Env. 4,11 km (de l'éolienne F1)

Nom	Adresse d'exploitation	Activité principale	Régime	Statut Seveso	Distance par rapport à l'éolienne la plus proche
VIVESCIA	Avenue Pasteur 51230 Fère-Champenoise	Production de semences pour agriculture et horticulture, céréales et aliments pour animaux	Autorisation	Non Seveso	Env. 1,68 km (de l'éolienne F4)

Etant donné que les autres installations classées ICPE sont toutes situées à plus de 500 mètres de l'ensemble des futures éoliennes du parc de Fère-Champenoise (soit 3 fois la hauteur hors tout), ces installations ne représentent pas un enjeu pour le projet.

3.1.4. Autres activités

Les activités au sein du périmètre d'étude sont exclusivement agricoles. Les cultures intensives dominent le site. Il n'existe aucune zone industrielle ou commerciale dans le périmètre de 500 mètres autour des éoliennes. Par ailleurs, le site étudié ne présente pas d'intérêt touristique particulier.

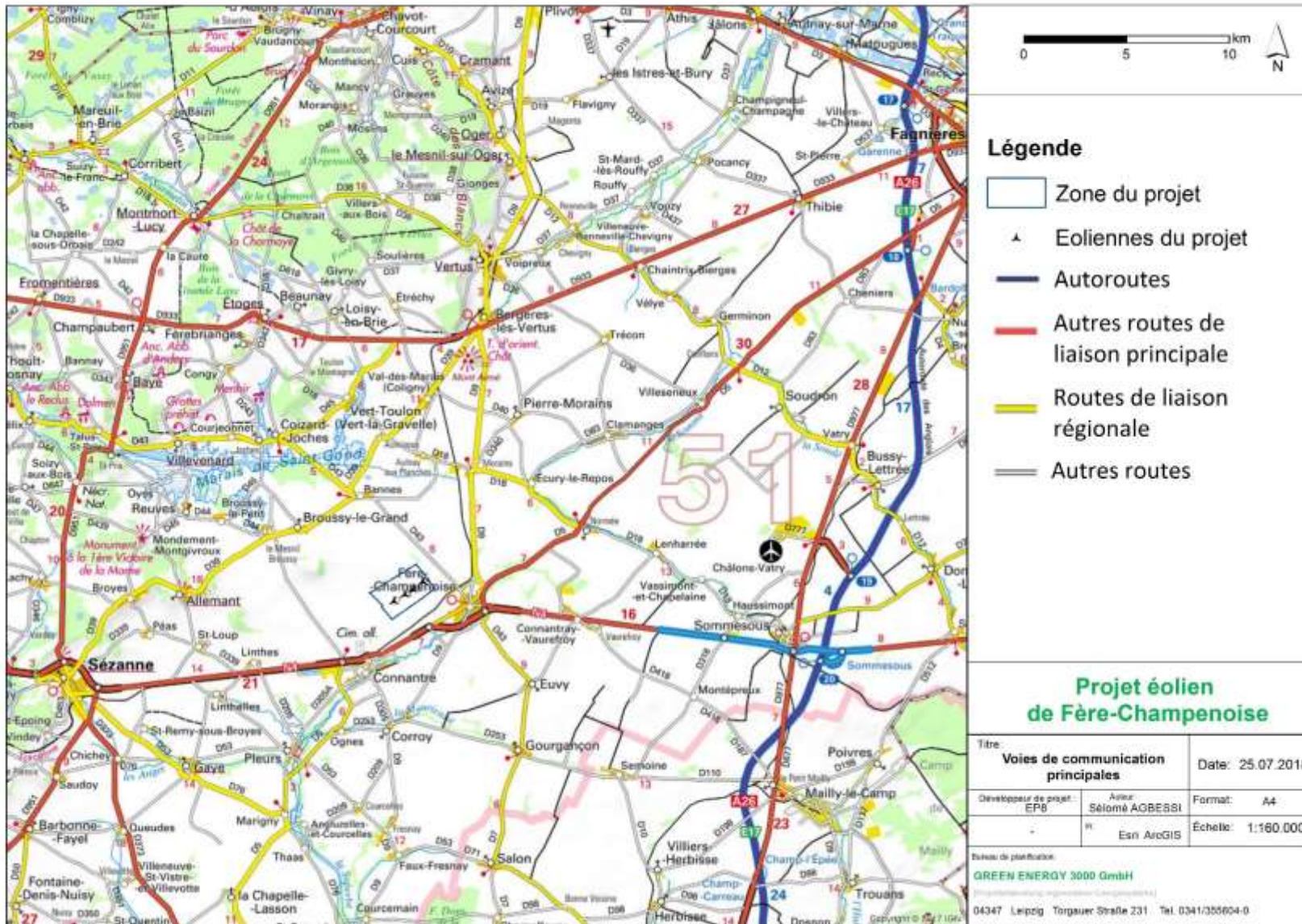
Il n'existe donc aucune autre activité (supplémentaire à celles déjà répertoriées) pouvant représenter un enjeu.

3.1.5. Voies de communication

3.1.5.1. Axes routiers

Comme le montrent les cartes suivantes, les routes principales qui mènent directement au site d'implantation sont les suivantes : la nationale N4 et les routes départementales D9 et D43.

La route nationale N4 reliant entre autres la commune de Sézanne à la commune de Vitry-le-François en passant par Fère-Champenoise (axe ouest-est). La route départementale D9 venant du nord. La route départementale D43 venant du sud et permettant d'accéder directement au site d'implantation.



L'ensemble des éoliennes du futur parc sont situées à plus de 500 mètres de ces axes de communication.

Tableau 7 : Distances d'éloignement des éoliennes du projet vis-à-vis des principaux axes routiers.

Type de route	Nom	Distance par rapport à l'éolienne la plus proche
Nationale	N4	Env. 1,86 km (de l'éolienne F1)
Départementale	D9	Env. 2,06 km (de l'éolienne F3)
Départementale	D43	Env. 1,03 km (de l'éolienne F4)

Étant donné que l'ensemble des futures éoliennes du parc de Fère-Champenoise respectent bien les distances d'éloignement réglementaires vis-à-vis des axes routier, ces voies de communications ne représentent pas un enjeu pour le projet.

3.1.5.2. Autres axes de communication

Il n'existe aucun autre type d'axe de communication dans l'environnement proche du site d'implantation (axe fluvial, axe ferroviaire, etc.). La voie ferrée la plus proche est par exemple située à plus d'un kilomètre au sud de la zone d'étude. La rivière « La Vaure » est située à plus de 2 km au sud de la zone d'étude.

Il n'existe donc aucun autre enjeu vis-à-vis des axes de communication. Toutefois, nous précisons ici-même que toutes les mesures réglementaires seront prises pour éradiquer tout risque de pollution accidentel le cas échéant.

3.1.6. Réseaux publics et privés

Comme décrit dans le paragraphe de l'étude d'impacts présentant l'état initial du site d'implantation et de son environnement, plusieurs réseaux publics ou privés aériens ou enterrés ont été identifiés au niveau du site d'implantation et de son environnement proche.

Tableau 8 : Distance d'éloignement des éoliennes par rapport aux réseaux publics et privés les plus proches

Réseau public ou privé	Type	Distance par rapport à l'éolienne la plus proche
Ligne électrique	Ligne aérienne HTB de 90 kV	Env. 167 m de l'éolienne F4
Canalisation de transport de gaz	Réseau enterré	Env. 552,49 m de l'éolienne F4
Oléoduc	Réseau enterré	Env. 1530 m de l'éolienne F4

L'oléoduc et le réseau enterré de canalisation de gaz se situant à plus de 500 mètres de l'éolienne F4 (éolienne la plus proche), la ligne aérienne HTB de 90 kV est la seule située dans les limites de la zone d'étude, soit un rayon de 500 mètres autour des éoliennes.

À ce titre, l'organisme RTE en charge de cette ligne électrique a été de nouveau contacté, notamment suite à la demande de compléments. Il ressort des éléments reçus, qu'une distance d'éloignement est nécessaire afin d'éviter les conséquences de chutes ou de projections de matériaux sur l'ouvrage. Comme indiqué ci-dessus, l'éolienne la plus proche de cet ouvrage est dorénavant la F4 située à 167 m. Suite à une étude complémentaire de RTE quant à la solution technique permettant de faire disparaître les risques identifiés précédemment, un courrier de RTE en date du 06 décembre 2019 a été reçu (annexe 9). Il est alors demandé de respecter les distances d'éloignement suivantes des éoliennes par rapport à la ligne HTB :

Éolienne	Distance à respecter par rapport à la ligne HTB
F1	169 m
F2	168 m
F3	167 m
F4	166 m

Tableau 9 : Distance préconisée par RTE entre chaque éolienne et la ligne HTB

Les éoliennes du projet éolien de Fère-Champenoise ont ainsi légèrement été déplacées afin de respecter ces préconisations, et voici dorénavant les distances exactes entre chaque éolienne et la ligne HTB, mesurées par notre géomètre expert Guichard-Soret :

Éolienne	Distance par rapport à la ligne HTB
F1	170 m
F2	169 m
F3	168 m
F4	167 m

Tableau 10 : Nouvelle distance entre chaque éolienne et la ligne HTB suite à la demande de compléments et en réponse aux préconisations de RTE

Les distances d'éloignement des éoliennes par rapport à cette ligne HTB de RTE sont donc respectées.

Le site d'implantation est par ailleurs dépourvu de :

- Réseaux d'assainissement (stations d'épuration) ;
- Réseaux d'alimentation en eau potable (captages AEP, zones de protection des captages).

Les réseaux publics et privés identifiés ne présentent donc pas de source potentielle de dangers pour le projet.

3.1.7. Autres ouvrages publics

Aucun autre ouvrage n'est situé dans la zone d'étude.

L'absence d'autres ouvrages publics permet de conclure qu'il n'y aura aucun enjeu particulier pour le projet au niveau de cette thématique.

3.2. Environnement physique

3.2.1. Contexte climatique

3.2.1.1. Vent

L'ouest de la région Grand Est (et notamment le département de la Marne) est une région privilégiée pour l'éolien, notamment de par son potentiel éolien relativement important. En effet, les vitesses moyennes de vent y sont bien supérieures à celles de nombreuses régions en France et sont comprises entre 4,5 et 7,0 m/s (à 50 mètres d'altitude), selon que l'on se situe au sud ou au nord de la région.

D'après le Schéma Régional Éolien (SRE) de la région Champagne-Ardenne, au niveau de la zone du projet les vitesses de vent moyennes sont comprises entre 5,0 et 6,0 m/s à 50 mètres d'altitude (cf. carte ci-après).

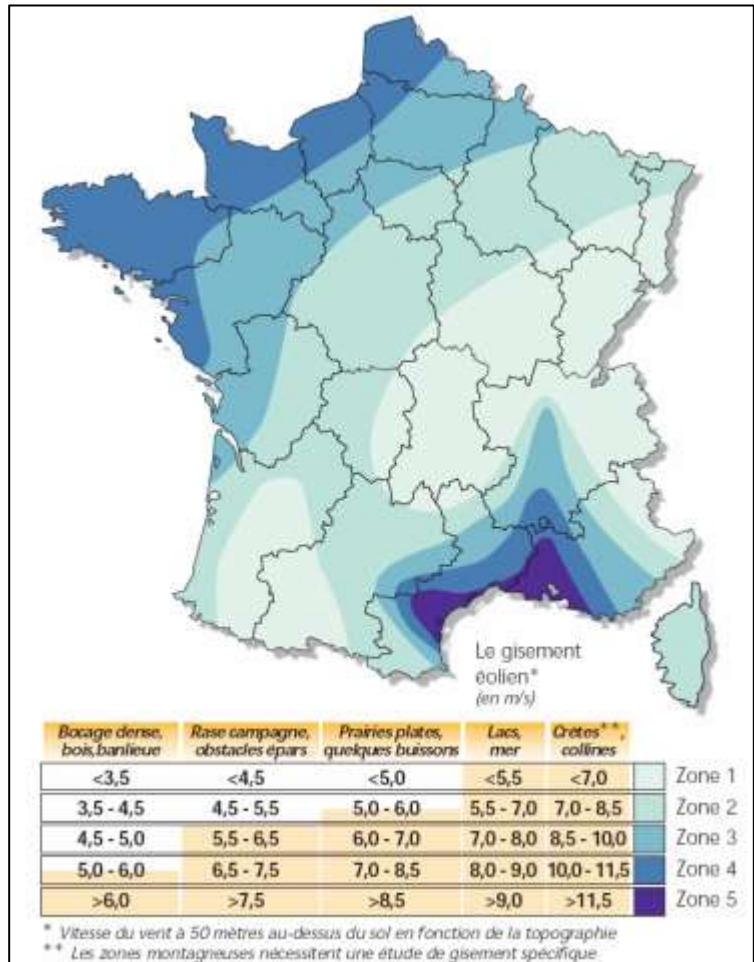
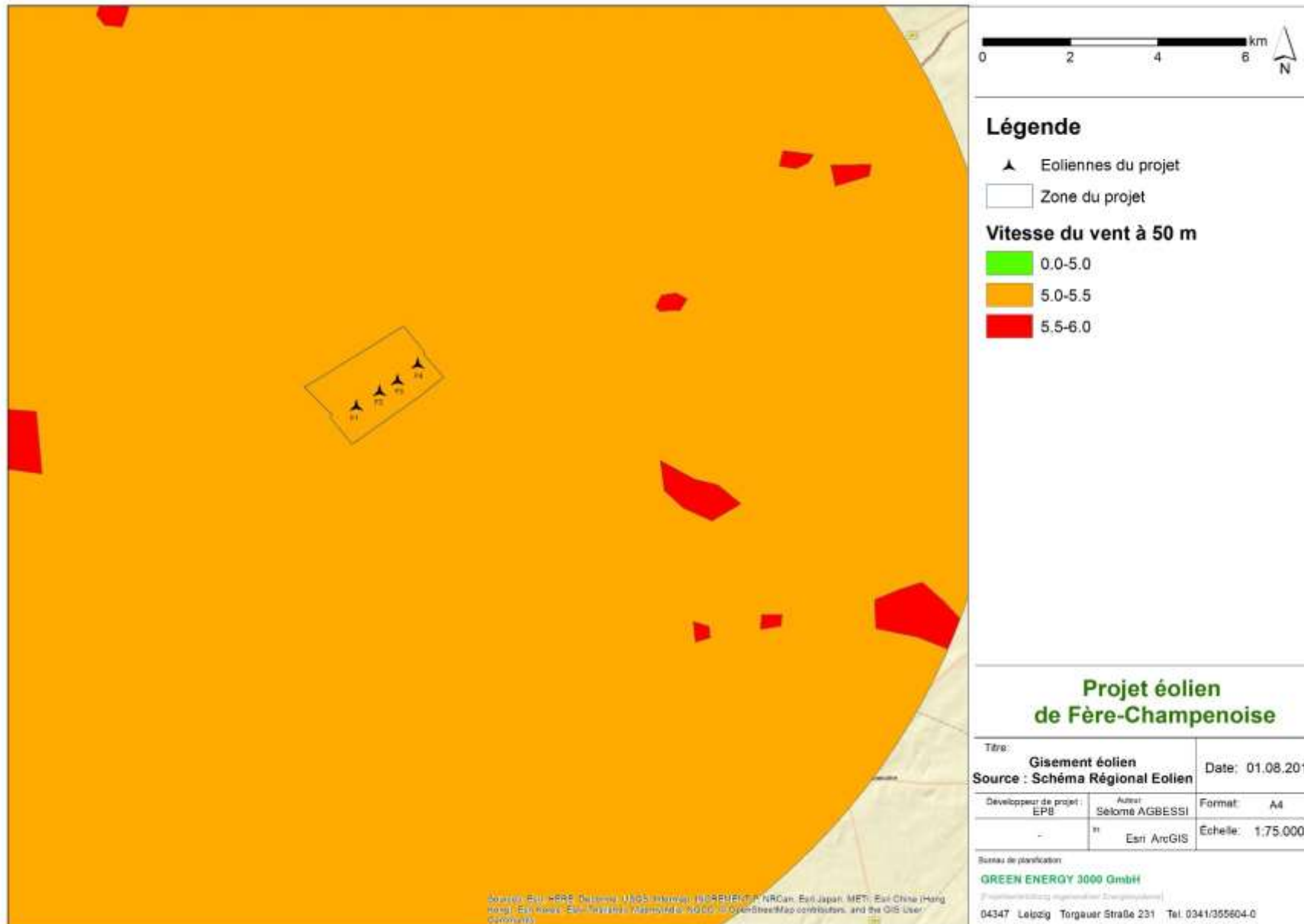


Figure 4 : Gisement éolien moyen en France (Source : Schéma Régional Éolien – Picardie)



3.2.1.2. Température

L'éolienne V117-3,3 du constructeur Vestas peut fonctionner avec des températures comprises entre -20 °C et +45 °C. Des équipements optionnels permettent d'étendre cette plage de fonctionnement jusqu'à -30 °C.

Les tableaux ci-après présentent les températures records et moyennes mesurées par la station météorologique de Reims-Courcy pour la période de 1981 à 2010.

Tableau 11 : La température la plus élevée en °C (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)*

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
[°C]	16,6	21,6	24,0	29,4	32,4	38,3	37,7	39,3	35,5	27,5	20,0	16,7	39,3
Date	05.1999	28.1960	29.1968	18.1949	31.1947	28.1947	01.1952	12.2003	04.1929	03.1995	11.1995	04.1953	2003

* Records établis sur la période du 01.01.1929 au 02.06.2013

Tableau 12 : La température la plus basse en °C (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)*

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
[°C]	-22,3	-21,0	-12,8	-7,7	-2,6	-0,4	1,2	2,0	-2,2	-8,6	-11,5	-19,6	-22,3
Date	06.1985	11.1929	03.1929	01.1931	09.1930	01.1962	09.1929	26.1966	24.1931	28.1931	24.1998	31.1970	1985

* Records établis sur la période du 01.01.1929 au 02.06.2013

Tableau 13 : Températures moyennes en °C (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Temp. max	5,7	7,1	11,3	14,7	18,8	21,8	24,7	24,3	20,3	15,6	9,7	6,3	15,1
Temp. moy	2,9	3,6	6,9	9,4	13,4	16,3	18,8	18,5	15,0	11,4	6,6	3,7	10,6
Temp. min	0,1	0,1	2,6	4,2	8,1	10,8	12,9	12,6	9,8	7,2	3,4	1,1	6,1

Tableau 14 : Nombre moyens de jours avec (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Tx >= 30°C	-	-	-	-	0,0	1,0	3,7	3,0	0,0	-	-	-	7,8
Tx >= 25°C	-	-	-	0,4	2,6	7,5	13,7	12,4	3,7	0,2	-	-	40,5
Tx <= 0°C	3,0	1,9	0,1	-	-	-	-	-	-	-	0,5	1,9	7,4
Tn <= 0°C	14,0	13,1	9,1	4,4	0,2	-	-	-	0,0	2,3	6,9	12,0	62,1
Tn <= -5°C	4,9	4,4	0,9	0,2	-	-	-	-	-	0,1	1,6	3,2	15,2
Tn <= -10°C	1,4	0,9	0,0	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,4	2,8

Sur une période de 30 ans, les températures moyennes minimales sont supérieures à 0 °C. Sur cette même période seuls 2,8 jours ont été enregistrés durant lesquels la température était inférieure à -10 °C.

Par conséquent les températures ne présentent pas une source potentielle de dangers pour le projet.

3.2.1.3. Précipitations

Les tableaux ci-après présentent les précipitations maximales et moyennes relevées par la station météorologique de Reims-Courcy pour la période de 1981 à 2010.

Tableau 15 : La hauteur quotidienne maximale de précipitations en mm (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)*

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
[mm]	24,7	27,9	34,1	33,2	57,8	67,3	69,2	61,1	47,0	35,4	39,8	47,2	69,2
Date	03.1936	14.1990	24.1960	04.1936	24.2007	03.1932	04.2006	15.2010	08.1945	02.1956	17.1972	27.1947	2006

* Records établis sur la période du 01.01.1929 au 02.06.2013

Tableau 16 : Hauteur de précipitations (moyenne en mm) (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
[mm]	46,4	41,2	50,9	47,6	61,7	56,7	59,2	58,3	48,7	52,4	47,7	57,4	628,2

Tableau 17 : Nombre moyen de jours avec (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Rr >= 1 mm	10,3	9,6	10,9	9,6	10,4	9,5	8,1	8,3	8,2	8,9	9,7	10,7	114,4
Rr >= 5 mm	3,0	2,5	3,9	3,4	4,2	3,5	3,7	3,5	3,4	3,6	3,1	3,8	41,6
Rr >= 10 mm	0,9	0,6	0,7	0,9	1,5	1,3	1,8	1,8	1,3	1,3	0,8	1,3	14,2

Les relevés pluviométriques ne révèlent aucun phénomène de précipitation important ou particulier.

Toutefois de fortes précipitations liées en particulier à de basses températures peuvent représenter une potentielle source de danger. Par exemple, en hiver, les précipitations peuvent être à l'origine d'une accumulation de neige sur les pales et provoquer la chute de celles-ci. Ces différents aspects sont étudiés de manière détaillée à la suite de cette présente étude de dangers, au paragraphe 8.2.2.

3.2.2. Risques naturels

Des phénomènes naturels peuvent représenter des risques majeurs lorsqu'ils se caractérisent par une intensité exceptionnelle. Ces risques peuvent alors devenir une source de dangers potentielle pour le futur parc éolien.

D'après le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM)³ de la Marne, les principaux risques naturels dans le département sont les suivants :

- Risques de mouvements de terrain ;
- Risques d'inondation ;
- Risques de la tempête.

Ces phénomènes ne sont toutefois pas répartis de manière égale sur le territoire départemental et se doivent d'être analysés plus précisément.

3.2.2.1. Sismicité

Un séisme est un phénomène vibratoire qui peut affecter la stabilité des aérogénérateurs. Les conséquences peuvent être un effondrement de l'éolienne. Néanmoins jusqu'à aujourd'hui, l'examen des données d'accidentologie ne fait pas état d'accident au niveau des parcs éoliens relatif à un séisme malgré de nombreuses implantations en zone sismique (risque 1 à 5).

Depuis le 22 octobre 2010, la France est divisée en cinq zones de sismicité en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du code de l'Environnement modifiés par les décrets n°2010-1254 du 22 octobre 2010 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010, ainsi que par l'Arrêté du 22 octobre 2010).

Dans une zone de sismicité 1, il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal car l'aléa sismique de ces zones est qualifié de très faible. Celui des zones de sismicité 2 à 5 est d'une importance croissante.

³<http://www.marne.gouv.fr/content/download/3539/20657/file/DDRM%20version%20mars%202012.pdf>

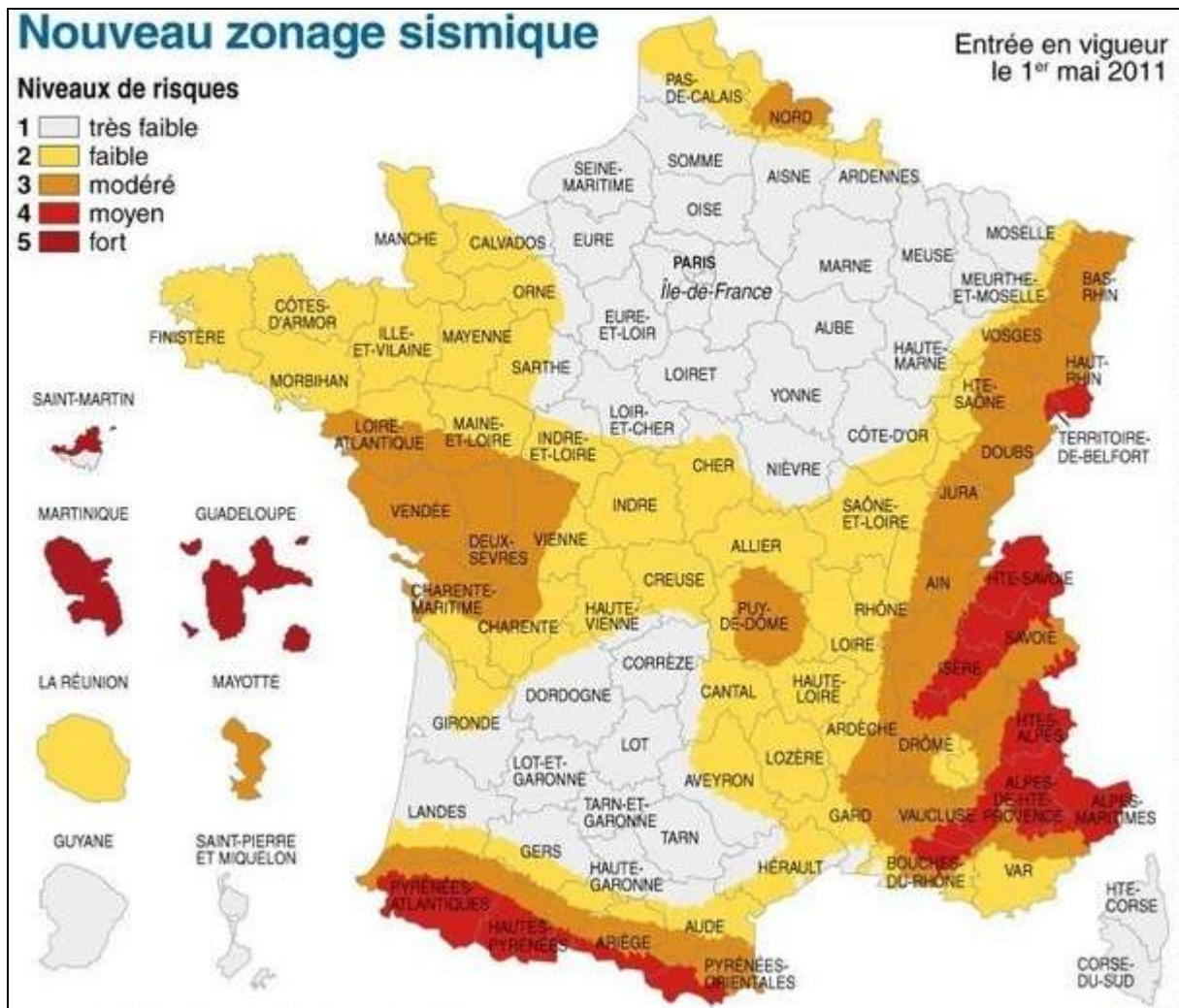


Figure 5 : Zonage sismique de la France (Source : Ministère de la transition écologique et solidaire)

La commune de Fère-Champenoise est située dans une zone de sismicité 1 conformément aux réglementations R.563-4 et D.563-8-1 du Code de l'Environnement (cf. carte ci-dessus). C'est-à-dire que le risque d'apparition de phénomènes sismiques y est très faible et qu'aucune prescription parasismique n'est nécessaire pour les éoliennes du projet.

Par conséquent les séismes ne sont pas retenus comme source de dangers potentielle pour le projet.

3.2.2.2. Mouvements de terrain

Un mouvement de terrain est un déplacement plus ou moins brutal du sol ou du sous-sol. Celui-ci dépend de la nature et de la disposition des couches géologiques. Un mouvement de terrain est provoqué par des processus lents de dissolution ou d'érosion favorisés par l'action de l'eau et/ou de l'homme.

Un mouvement de terrain peut se manifester :

- En plaine, dû :
 - A un affaissement plus ou moins brutal des cavités souterraines, naturelles ou artificielles ;
 - A des phénomènes de retrait ou de gonflement des argiles ;
 - A un terrassement des sols en raison d'une surexploitation des nappes d'eau souterraines.
- En montagne ou dans les zones de relief, par :
 - Des glissements de terrain (rupture d'un versant instable) ;
 - Des écroulements et des chutes de blocs ;
 - Des coulées boueuses et torrentielles ;
- Sur le littoral, en raison :
 - De glissements ou d'écroulements sur les côtes à falaises ;
 - D'une érosion des côtes sableuses.

Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) a été chargé de constituer une base de données nationale concernant les mouvements de terrain ayant affectés les territoires français. Au niveau régional, le Service Géologique Régional du Grand-Est (anciennement Champagne-Ardenne) est chargé d'inventorier les mouvements de terrain relevés dans toute la région.

Les mouvements de terrains ne sont donc pas retenus comme source de danger potentielle pour le parc éolien de Fère-Champenoise.

3.2.2.3. Retrait ou gonflement des argiles

Les risques de retrait/gonflement des argiles peuvent rendre le sol plus instable et ainsi occasionner des dégâts parfois importants aux constructions.

D'après la cartographie du BRGM, le site du projet se situe en zone d'aléa allant de nul à faible. Ce faible aléa ne représente toutefois aucune source de danger potentielle étant donné la profondeur des fondations des futures éoliennes.

Cependant, par principe de précaution et au regard des spécificités des machines, une étude géotechnique au droit de l'implantation des éoliennes sera réalisée avant la phase de travaux du projet.

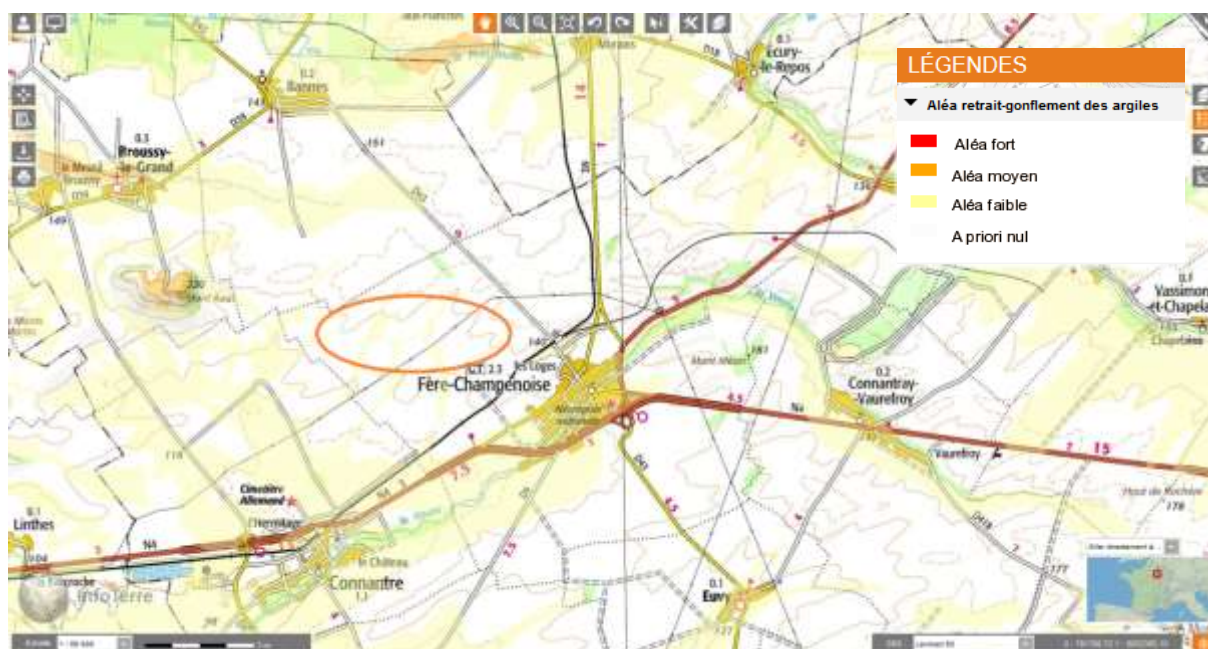


Figure 6 : Carte retrait-gonflement des argiles (Source : BRGM@infoterre)

Le risque de retrait ou gonflement des argiles ne présente qu'une source très faible de danger potentiel.

3.2.2.4. Foudre

Un orage est un phénomène atmosphérique caractérisé par un éclair et un coup de tonnerre. Il est toujours lié à la présence d'un nuage de type cumulonimbus, dit aussi nuage d'orage, et est souvent accompagné par un ensemble de phénomènes violents : rafales de vent, pluies intenses, parfois grêle, trombe et tornade.

La foudre est le nom donné à un éclair lorsqu'il touche le sol. Cette décharge intense peut tuer un homme ou un animal, calciner un arbre ou causer des crues-éclair dévastatrices. De plus, le vent

sous un cumulonimbus souffle par rafales violentes (jusqu'à environ 140 km/h) et change fréquemment de direction. Les effets de la foudre sont donc multiples :

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

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

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

D'après les données de l'Observatoire Français des Tornades et Orages violents, des événements orageux sont observés dans la région Grand-Est (anciennement Champagne-Ardenne) pendant toutes les saisons. Leur fréquence est très faible durant l'hiver, à un niveau inférieur à la moyenne française. À l'inverse, en saison chaude, les orages sont

fréquents dans la région. La probabilité quotidienne culmine à plus de 40 % du mois de mai au mois d'août. C'est au mois de juin que le risque d'orage est le plus marqué.

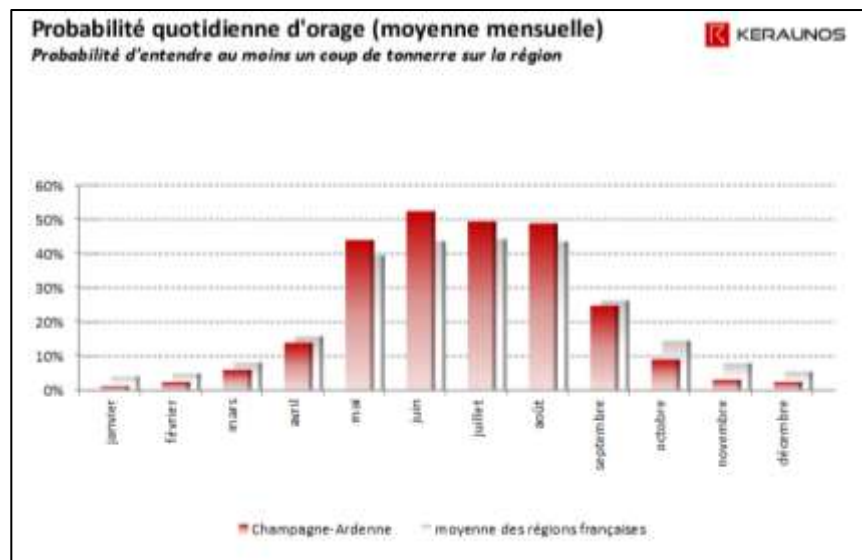


Figure 7 : Probabilité quotidienne d'orage en Champagne-Ardenne
 (Source : Keraunos)

La densité de foudroiement (Ng) représente le nombre d'impact de la foudre par km² et par an. Par exemple Ng 4 = 4 foudroiements/km²/an. Le niveau kéraunique (Nk) correspond au nombre d'orages et plus précisément, au nombre de coups de tonnerre entendus dans une zone donnée; sachant que la foudre frappe environ 1 fois pour 10 coups de tonnerre entendus, Nk = 10 Ng. Le niveau kéraunique est notamment utilisé pour définir les zones où la pose de protection foudre (parafoudre) devient obligatoire⁴, soit Nk supérieur à 25, ou plus de 2,5 coups de foudre km²/an.).

Dans le département de la Marne, la densité de foudroiement est compris entre 1,5 et 2,5 et le niveau kéraunique est de 18 (voir figure suivante).

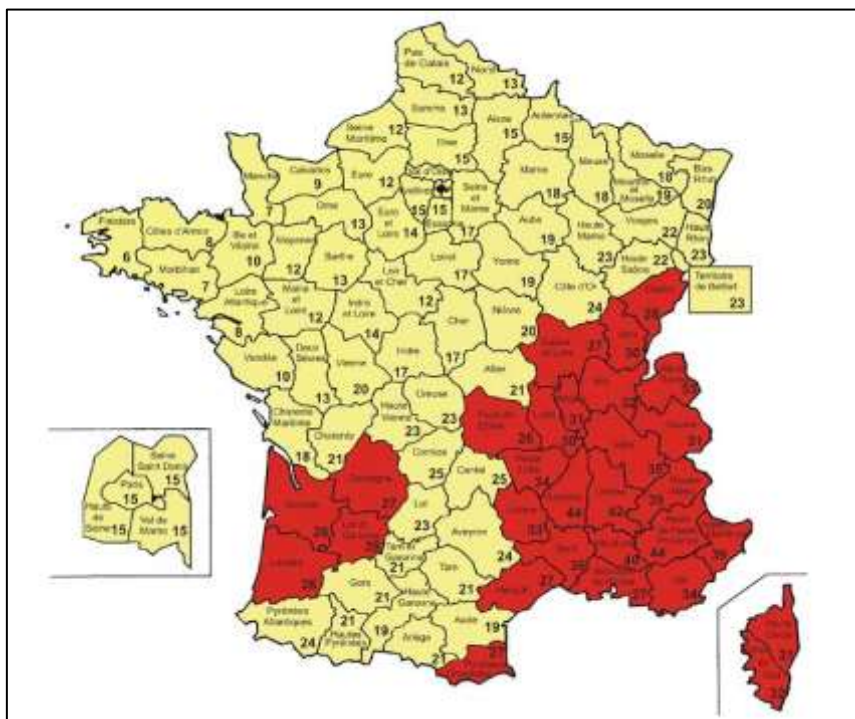


Figure 8 : Niveaux kérauniques en France (Source : EnergieFoudre⁵)

Le risque qu'un événement orageux, via la foudre, affecte les éoliennes du futur parc de Fère-Champenoise existe. Toutefois, la probabilité d'épisodes orageux dans la région Grand-Est est proche de la moyenne nationale. De plus, le niveau kéraunique dans le département de la Marne est inférieur à 25, seuil à partir duquel la pose de protection foudre (parafoudre) devient obligatoire. Enfin, les éoliennes sont équipées de dispositifs de sécurité vis-à-vis de la foudre (cf. point 7.6.), ce qui réduit drastiquement le risque de foudroiement.

Les orages ne sont donc pas retenus comme source potentielle de danger pour le parc éolien de Fère-Champenoise.

⁴ Norme NF C 15-100 protection contre la foudre

⁵ http://www.energie-foudre.com/foudre_carte.html

3.2.2.5. Tempêtes

Le vent est un déplacement de l'air représenté par une direction (celle d'où vient le vent) et d'une vitesse. La vitesse est exprimée communément en km/h, mais le système international utilise comme unité les m/s et les marins et pilotes les nœuds (1 nœud = 1,852 km/h).

La mesure du vent est toujours une moyenne sur une période précise. En météorologie, on distingue :

- le vent moyen sur 10 minutes mesuré à 10 mètres de hauteur ;
- la rafale, une moyenne sur environ 0,5 seconde (instruments utilisés par Météo France).

Les tableaux ci-dessous présentent les données Météo France de la station Reims-Courcy concernant les rafales maximales de vent.

Tableau 18 : Les rafales maximales de vent en m/s (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)*

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
[m/s]	32,0	36,0	29,0	27,0	26,0	28,0	27,0	31,0	25,0	30,0	31,0	42,0	42,0
[km/h]	115,2	129,6	104,4	97,2	93,6	100,8	97,2	111,6	90	108	111,6	151,2	151,2
Date	02.2003	28.1990	04.1998	01.1994	17.1995	26.2001	02.1982	09.1994	19.2000	20.2004	23.1984	26.1999	1999

* Records établis sur la période du 01.01.1981 au 22.05.2012

Tableau 19 : Nombre moyen de jours avec rafales (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
>= 16 m/s ⁶	6,6	5,2	5,1	3,7	2,3	2,3	2,6	1,7	2,2	3,5	3,2	5,1	43,6
>= 28 m/s ⁷	0,2	0,3	0,1	-	-	0,0	-	0,0	-	0,1	0,1	0,1	1,0

Le tableau suivant présente quant à lui le vent moyen sur une durée de 10 minutes et mesurée à 10 mètres de hauteur.

Tableau 20 : Vitesse du vent moyennée sur 10 mn (moyenne en m/s) (Source : fiche climatologique Reims-Courcy)

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
[m/s]	4,4	4,2	4,2	3,8	3,4	3,2	3,2	3,0	3,3	3,7	3,8	4,1	3,7

Un vent est estimé violent donc dangereux lorsque sa vitesse atteint 80 km/h en vent moyen et 100 km/h en rafale à l'intérieur des terres. Mais ce seuil varie selon les régions. Il est par exemple plus

⁶ Soit 57,6 km/h

⁷ Soit 64,8 km/h

élevé pour les régions littorales ou la région Sud-Est. L'appellation « tempête » est réservée aux vents atteignant 89 km/h (force 10 Beaufort).

A la station Météo de France de Reims-Courcy, la plus proche du projet, seuls 43 jours avec des rafales supérieures à 16 m/s (soit 57,6 km/h) ont été recensés sur la période de 1981-2010. Sur la même période, seule une journée a été enregistrée avec des rafales supérieures à 28m/s (soit 100,8 km/h).

Les éoliennes V117-3,3 sont conçues pour fonctionner à des vitesses de vent allant jusqu'à 90 km/h. Des vitesses de vent supérieures conduisent automatiquement à la mise en drapeau des pales.

D'après les données de vitesse de vent et de rafales enregistrées au niveau de la station Météo France la plus proche, des épisodes météorologiques définis comme « tempêtes » ont certes été recensés, mais leur fréquence et leur force ne sont pas en mesure d'endommager les installations du parc éolien. Les tempêtes ne représentent donc qu'une faible source potentielle de danger pour le projet.

3.2.2.6. Tornades

Une tornade est une perturbation atmosphérique tourbillonnaire de grande intensité mais de dimension limitée accompagnée de vents violents. Il s'agit d'un phénomène météorologique violent et destructeur, avec des rafales de plus 300 km/h, pouvant même atteindre plus de 700 km/h dans les cas les plus extrêmes. Néanmoins, son étendue géographique et sa durée de vie sont faibles.

Une tornade peut être classée selon son intensité et les dommages qu'elle engendre, sur l'échelle de Fujita amélioré, qui va de EF0, avec des vents généralement de moins de 137 km/h, jusqu'à EF5, avec des vents pouvant aller au-delà des 322 km/h, capables de tout détruire sur leur passage. Il existe quatre catégories intermédiaires.

La région Grand-Est compte parmi les zones du territoire français qui présentent une exposition modérée au risque de tornade. Le nombre de tornades au km² y est proche de la moyenne nationale. En moyenne, on estime qu'il se produit environ 1 à 2 tornades par an sur cette région.

Les tornades y sont sensiblement plus fréquentes durant la saison chaude (de mai à octobre). Cette dernière rassemble en effet plus de 80 % des cas recensés. Les tornades de saison froide sont très minoritaires, avec une proportion qui est inférieure à la moyenne nationale (17% des cas recensés contre 26% en moyenne).

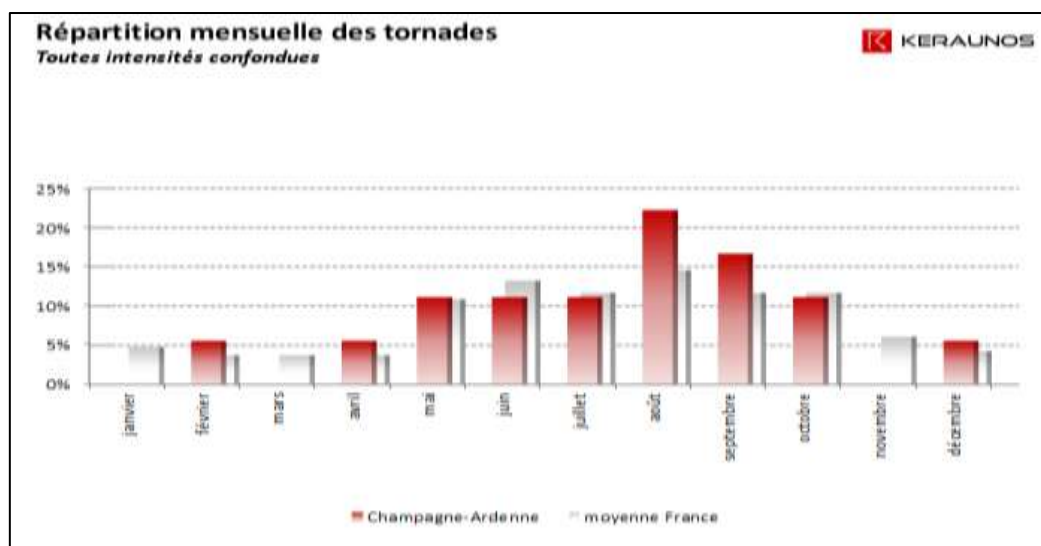


Figure 9 : Répartition mensuelle des tornades en Champagne-Ardenne toutes intensités confondues (Source : Keraunos)

Le tableau suivant liste les tornades qui ont été recensées dans le département de la Marne.

Tableau 21 : Tornades recensées en liste principale dans la Marne (Source : Keraunos⁸)

Date	Commune	Classe	Intensité maximale	Distance parcourue	Communes traversées
29.04.2018	Vanault-le-Châtel	EF0	Vents estimés de 105 à 135 km/h	2,8 km	VANAULT-LE-CHÂTEL (ravin des Lapins, le Petit Maigneux ...) POILLY (Peuzennes), BOULEUSE (le Grand Marais, Mont de Toisy), MÉRY-PRÉMECY (Noue de Gueux), GUEUX (D 227, golf de Reims Champagne, village, les Royats, la Garenne de Gueux), THILLOIS (N31, les Vignes du Mont), CHAMPIGNY (le Marais Sec), MERFY (la Vesle, le Marais, A26), SAINT-THIERRY (ferme des Baslieux, la Chaussée), REIMS (le Routis des Vaches, la Neuville, actipôle de la Neuville)
10.08.2014	Gueux	EF1	vents estimés de 135 à 175 km/h	17,2 km	

⁸<http://www.keraunos.org/region/champagne-ardenne/tornades-champagne-ardenne-climatologie-risque-frequence-records/liste-des-tornades-dans-la-marne-51.html>

21.06.2012	Hermonville	EF1	vents estimés de 135 km/h à 175 km/h	6,5 km	PÉVY (<i>Hervelon</i>), HERMONVILLE (<i>Marzilly</i> , <i>ruisseau des Merlivats</i>), VILLERS-FRANQUEUX (<i>les</i> <i>Fonds, les Couturelles</i>)
22.08.2008	Pargny-sur- Saulx	EF0	vents estimés de 105 km/h à 135 km/h	1 km	PARGNY-SUR-SAULX (<i>rue</i> <i>Arthur Hannequin, rue Basse</i>)
10.12.2000	Mourmelon- Le-Grand	EF1	vents estimés entre 135 km/h et 175 km/h	600 m	LIVRY-LOUVERCY (<i>carrefour</i> <i>de la Pyramide</i>), MOURMELON-LE-GRAND (<i>quartier Féquant</i>)
21.08.1975	Cormicy	EF2	vents estimés de 175km/h à 220 km/h	2,0 km	Nécropole Nationale de la Maison Bleue, canal de l'Aisne à la Marne, le Poirier
17.05.1971	Fragnières	EF3	vents estimés de 220 km/h à 270 km/h	4,5 km	VILLERS-LE-CHÂTEAU (<i>Vide</i> <i>Besace</i>), FAGNIÈRES (<i>rue</i> <i>Ulysse Ginat</i>)
10.09.1896	Sainte- Menehould	EF3	vents estimés de 220 km/h à 270 km/h	2,0 km	<i>les Vertes Voyes, le Champ</i> <i>Montant, les Brunswick</i>
20.02.1876	Heiltz-Le- Maurupt	EF2			
19.10.1874	Moncetz- Longevas	EF4			
18.06.1783	Champigny	EF1	vents estimés entre 135 km/h et 175 km/h	indéterminée	CHAMPIGNY (<i>la Vesle</i>), SAINT-BRICE-COURCELLES (<i>le Chapitre</i>), MERFY (<i>le</i> <i>Marais</i>)
10.08.1680	Sillery	EF1	vents estimés entre 135 km/h et 175 km/h	8,0 km	SILLERY, et très certainement quatre autres communes

Le risque qu'une tornade touche le site d'implantation du parc éolien de Fère-Champenoise ne peut être totalement écarté. Cependant, l'apparition de tornades dans le département de la Marne reste exceptionnelle et toujours sur des zones d'effets très limitées.

Les tornades ne sont donc pas retenues comme source potentielle de danger pour le parc éolien de Fère-Champenoise.

3.2.2.7. Cyclones

Lorsqu'on parle d'un cyclone, il s'agit systématiquement d'un cyclone tropical. S'il se produit sur l'Atlantique ou sur le Pacifique nord-est, il est appelé ouragan (ou hurricane en anglais). Sur le

Pacifique nord-ouest, on parle plutôt d'un typhon. Mais cyclone tropical, typhon ou ouragan désignent exactement le même phénomène météorologique.

Le département de la Marne n'est pas sujet à ce type d'événements météorologiques. D'après les données Météo France, aucun événement de cette nature n'a été relevé jusqu'à présent dans le département de la Marne.

Les cyclones ne sont donc pas retenus comme source potentielle de danger pour le parc éolien de Fère-Champenoise.

3.2.2.8. Incendies de forêts et de cultures

La présence de zones boisées proches peut être un facteur initiateur d'un incendie, qui pourrait représenter une source de danger potentielle pour le parc éolien planifié.

Tableau 22 : Distances d'éloignement des éoliennes du projet vis-à-vis des forêts et boisements.

Type	Distance par rapport à l'éolienne la plus proche
Boisement	Env. 993 m (de l'éolienne F4)
Boisement	Env. 1370 m (de l'éolienne F3)
Boisement	Env. 1570 m (de l'éolienne F1)
Boisement	Env. 1720 m (de l'éolienne F2)

L'environnement du site d'implantation du futur parc éolien de Fère-Champenoise est essentiellement composé de cultures. Il n'existe que des petites zones de boisements ou des haies qui entourent le site d'implantation. Les éoliennes du projet de Fère-Champenoise sont situées à plus de 900 mètres de ces boisements.

À ce titre, les incendies de forêts et de cultures ne représentent pas de source potentielle de danger pour le parc éolien.

3.2.2.9. Inondations

Une inondation est une submersion plus ou moins rapide d'une zone, avec des hauteurs d'eau variables. Elle est provoquée par des pluies importantes et durables.

D'après le DDRM, le département de la Marne est concerné par plusieurs types d'inondation :

- Inondations fluviales (inondation de plaine)

La rivière sort de son lit mineur lentement et peut inonder la plaine pendant une période relativement longue. La rivière occupe son lit moyen et éventuellement son lit majeur. De nombreux

cours d'eau parcourent le département de la Marne et peuvent être à l'origine de débordements plus ou moins importants. Il s'agit du principal type d'inondation dans le département.

- Inondations pluviales :

Il arrive que dans le département de la Marne, des phénomènes de ruissellement pluviaux surviennent, engendrant des inondations par ruissellement urbain. Ces phénomènes résultent d'épisodes orageux et de l'augmentation du nombre de zones non absorbantes et non drainantes.

- Inondations par remontée de nappes phréatiques :

Ce phénomène survient lorsque le niveau de la nappe, contenue dans le sous-sol, atteint et dépasse le niveau du sol. Ces inondations se produisent lorsque le niveau de la nappe est inhabituellement élevé par rapport à la normale et que des éléments pluvieux exceptionnels s'y ajoutent. Ce phénomène concerne particulièrement les terrains pas ou mal drainés et peut perdurer. Dans le département de la marne, les zones les plus concernées sont généralement à proximité des cours d'eau, dans les vallées⁹.

Les risques d'inondation ne sont pas répartis de manière égale sur le territoire du département de la Marne. La carte ci-dessous, issue du DDRM de la Marne, répertorie plus précisément les communes soumises au risque inondation dans le département.

⁹<http://www.marne.gouv.fr/content/download/3539/20657/file/DDRM%20version%20mars%202012.pdf>

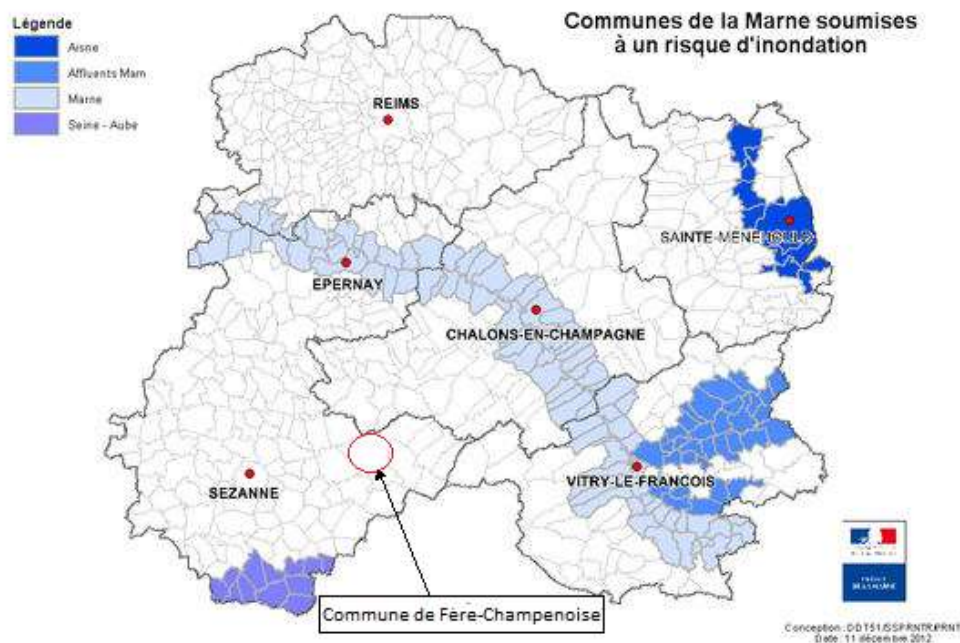


Figure 10 : Cartographie des communes soumises au risque inondation dans le département de la Marne (Source : Dossier Départemental des Risques Majeurs – DDRM de Marne)

La carte ci-dessus montre que le parc éolien planifié sur la commune de Fère-Champenoise n'est pas situé dans une zone inondable ni près de lacs ou de cours d'eau principaux, susceptibles de rentrer en crue importante.

Selon le DDRM, la commune de Fère-Champenoise n'est concernée par aucun risque d'inondation.

L'État des Risques Naturels, Miniers et Technologiques (ERNMT) a toutefois relevé une catastrophe naturelle liée à un épisode pluvieux sur la commune de Fère-Champenoise.

Tableau 23 : Catastrophe naturelle relevée sur la commune de Fère-Champenoise (Source : Prim.net)

Type de catastrophe	Date de début	Date de fin	Arrêté du
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999 ¹⁰

Ce phénomène unique sur la commune de Fère-Champenoise a cependant été de courte durée et de faible intensité. Aucune crue et/ou inondation n'a été recensée directement sur le site du projet et celui-ci n'est pas situé dans une zone inondable.

¹⁰ <http://www.mairie.biz/catastrophes-fere-champenoise-51230.html>

Par ailleurs, le site d'implantation se situe globalement à une hauteur supérieure à la commune de Fère-Champenoise et est donc moins sujet aux inondations.

En se basant sur l'ensemble de ces informations, il est donc possible de conclure que les inondations fluviales et/ou les inondations pluviales représentent une très faible source potentielle de danger pour le parc éolien.

3.2.2.10. La commune de Fère-Champenoise face aux risques naturels

Les risques naturels sont susceptibles de constituer des sources potentielles de danger pour les éoliennes et sont donc pris en compte dans l'évaluation préliminaire des risques. Cette partie résume les différents risques naturels identifiés au niveau de la zone d'étude.

La commune de Fère-Champenoise se situe dans une zone de sismicité 1 (très faible), ainsi le risque d'apparition de phénomènes sismiques y est très faible et aucune prescription parasismique n'est nécessaire pour les éoliennes du projet. Par conséquent les séismes ne sont pas retenus comme source potentielle de dangers. De plus, aucun mouvement de terrain n'a été relevé au niveau du site d'implantation ainsi que de son environnement proche.

Par ailleurs, même si le site d'implantation présente un aléa majoritairement nul concernant le retrait ou gonflement des argiles, certaines zones du site présentent un aléa faible. L'étude géotechnique au droit de l'implantation des éoliennes avant la phase de travaux du projet permettra de confirmer que le retrait ou gonflement des argiles ne présentent pas une source potentielle de danger pour les éoliennes.

De par leur courte durée, leur faible intensité ainsi que leur rareté, le risque d'inondation et de tempête est considéré comme étant une faible source potentielle de danger pour le projet.

Pour finir, le risque naturel de cyclone, de tornade et de foudre ne sont pas retenus comme source potentielle de danger pour le projet.

3.3. Synthèse des sensibilités de l'environnement du site d'implantation

L'analyse détaillée de l'environnement humain, physique et matériel de l'installation du site du futur parc éolien de Fère-Champenoise a permis de mettre en avant les éléments suivants :

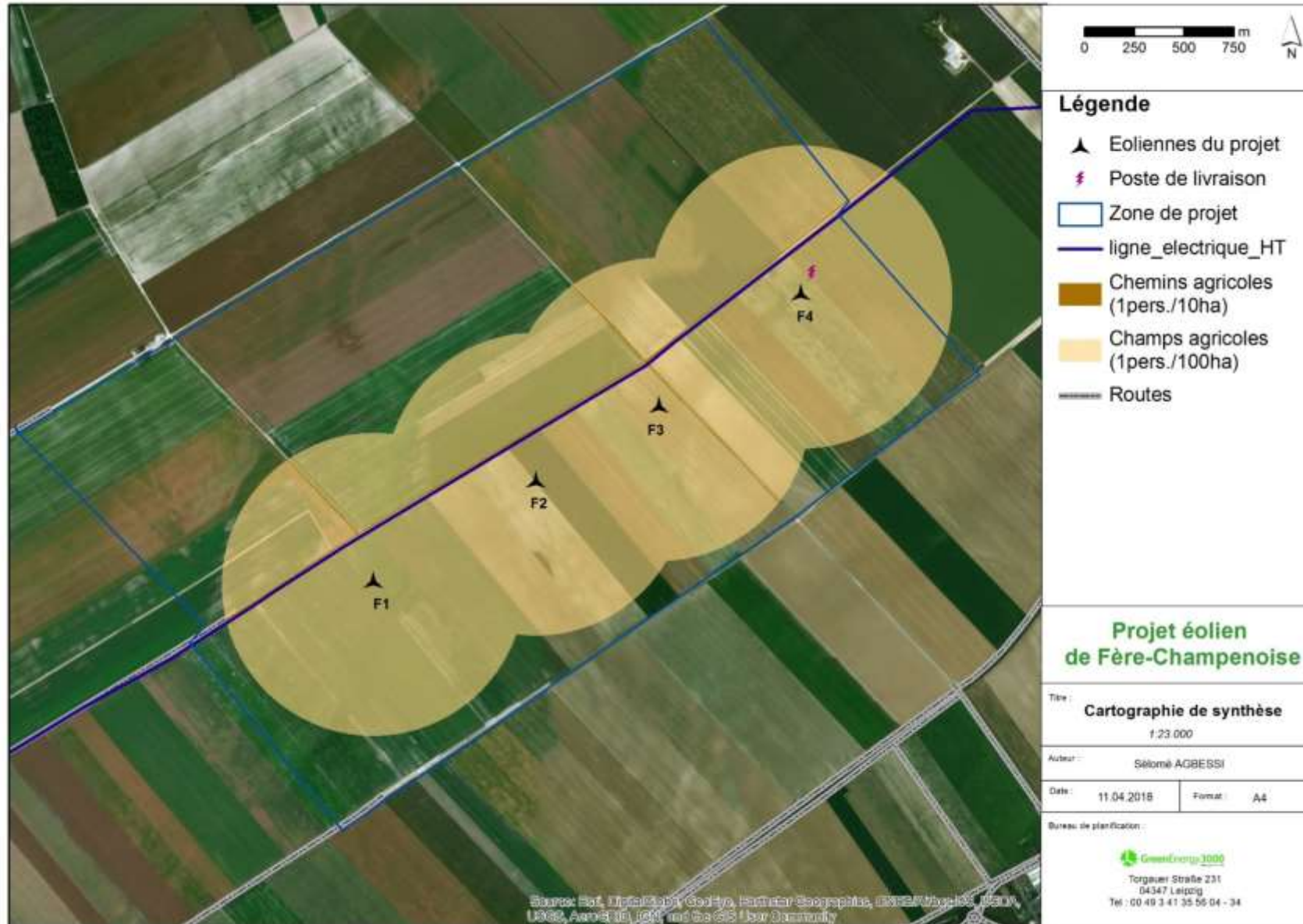
- L'ensemble des distances réglementaires, vis-à-vis des zones urbanisées, des ERP, des ICPE ainsi que toutes autres activités susceptibles d'être une source potentielle de danger pour le projet, sont respectées. Il n'y a donc aucun enjeu en ce qui concerne l'environnement humain par rapport au projet ;
- L'ensemble des distances réglementaires, vis-à-vis des voies de communication et des réseaux publics et privés, sont respectées. Aucun autre ouvrage public n'est situé dans la zone d'étude. En ce qui concerne l'environnement matériel, aucun enjeu particulier n'est donc à prévoir ;
- Après l'analyse de l'environnement physique, c'est-à-dire du contexte climatique et des risques naturels, aucun enjeu majeur n'a été relevé. D'après le DDRM de la Marne, la commune de Fère-Champenoise n'est concernée par aucun risque naturel (et technologique) significatif. Elle n'est située qu'en zone de sismicité 1. Par ailleurs, le site choisi pour l'implantation des éoliennes du futur parc éolien de Fère-Champenoise est idéal quant aux vitesses de vent.

Le tableau ci-après synthétise les facteurs de risque que peut représenter l'environnement humain, matériel et naturel vis-à-vis de l'installation du futur parc éolien de Fère-Champenoise.

Tableau 24 : Récapitulatif de l'ensemble des sensibilités et des enjeux du site d'implantation dans son état initial

Catégories		Source de danger potentielle	Description / Explication	
Environnement humain	Zones urbanisées	Nulle	Distances réglementaires des éoliennes par rapport aux habitations les plus proches largement respectées (plus de 900 mètres).	
	ERP	Nulle	Aucun ERP dans un rayon de plus de 1 kilomètre autour de chaque éolienne planifiée.	
	ICPE	Nulle	Étant donné que les autres installations classées ICPE sont toutes situées à plus de 1 900 mètres de l'ensemble des futures éoliennes du parc de Fère-Champenoise (soit plus de 12 fois la hauteur hors tout), ces installations ne représentent pas un enjeu pour le projet.	
	Autres activités	Nulle	Il n'existe aucune autre activité (supplémentaire à celles déjà répertoriées) pouvant représenter un enjeu par rapport au projet.	
Environnement matériel	Voies de communication	Nulle	Les axes routiers identifiés autour de la zone d'étude sont la N4, la D9 et la D43. Cependant, ces routes se situent à largement plus de 150 mètres des éoliennes soit plus d'une fois la hauteur hors tout.	
	Réseaux publics et privés	Nulle	Le réseau le plus proche des éoliennes est la ligne électrique 90 kV de RTE (située à plus de 150m). Après consultation pour avis des différents gestionnaires de réseaux, aucune source de danger potentielle n'est retenue.	
	Autres ouvrages publics	Nulle	Aucun autre ouvrage public n'est situé dans la zone d'étude. Aucun enjeu particulier n'est à prévoir vis-à-vis cette thématique.	
Environnement physique	Contexte climatique	Vent	Atout	Vitesses de vent favorables à l'éolien sans être excessive.
		Température	Nulle	Sur une période de 30 ans (1981 à 2010), la température moyenne d'une année est de 10,6°C. Les relevés de températures ne révèlent aucun phénomène important ou particulier.
		Précipitation	Nulle	Sur une période d'analyse de 30 ans (1981 à 2010), la hauteur moyenne de précipitations est de 628,2 mm. Les relevés pluviométriques ne révèlent aucun phénomène de précipitation importante ou particulière.
	Risques naturels	Sismicité	Nulle	La commune de Fère-Champenoise est située dans une zone de sismicité 1. Par conséquent les séismes ne sont pas retenus comme source de dangers potentielle pour le projet.
		Mouvements de terrain	Nulle	Aucun mouvement de terrain n'a été enregistré que ce soit dans la zone d'étude et dans le périmètre rapproché (rayon de 5 km autour des éoliennes)

Catégories		Source de danger potentielle	Description / Explication
	<i>Retrait ou gonflement des argiles</i>	Faible	D'après la cartographie du BRGM, le site d'implantation du projet se localise en zone d'aléa allant de nul à faible concernant le retrait ou gonflement des argiles. Une étude géotechnique au droit de l'implantation des éoliennes sera réalisée avant la phase de travaux du projet.
	<i>Foudre</i>	Faible	Dans le département de la Marne, la densité de foudroiement est comprise entre 1,5 et 2,5 et le niveau kéraunique est de 18. Le niveau kéraunique est inférieur à 25, seuil à partir duquel la pose de protection contre la foudre (parafoudre) devient obligatoire.
	<i>Tempêtes</i>	Faible	D'après les données de vitesses de vent et de rafales enregistrées par la station Météo France la plus proche, des épisodes météorologiques qualifiables de « tempêtes » ont bien été recensés. Cependant, leur fréquence et leur intensité ne sont pas suffisantes pour représenter une source de danger potentiellement importante pour les installations du parc éolien.
	<i>Tornades</i>	Nulle	L'apparition de tornades dans le département de la Marne est un phénomène qui reste exceptionnel.
	<i>Cyclones</i>	Nulle	Le département de la Marne n'est pas sujet à ce type d'événements météorologiques.
	<i>Incendies de forêt et de culture</i>	Nulle	Les boisements les plus proches des éoliennes sont situés à plus de 900 mètres de l'éolienne F4
	<i>Inondations</i>	Nulle	Aucune crue et/ou inondation n'a été recensée directement sur le site du projet. De plus, celui-ci n'est pas situé dans une zone inondable.



4. Description de l'installation

Ce chapitre a pour but de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement, afin de pouvoir identifier les principaux potentiels de dangers qu'elle représente, mais également de mettre en avant les éléments assurant sa sécurité.

Étant donné que le projet éolien de Fère-Champenoise est décrit de manière détaillée dans le volet commun décrivant la nature des installations, seule une synthèse des éléments les plus importants concernant l'installation est présentée ci-après, en vue de répondre au mieux aux objectifs de l'étude de dangers.

4.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien

4.1.1. Principe de fonctionnement de l'énergie éolienne

Un aérogénérateur, plus communément appelé éolienne, est une machine qui utilise la force du vent pour produire de l'électricité, grâce au principe de fonctionnement de l'alternateur.

L'éolienne est composée de trois pales, portées par un rotor et installées au sommet d'un mât vertical. Cet ensemble est fixé par une nacelle qui abrite un générateur (composé principalement d'un rotor et d'un stator). Un moteur électrique permet d'orienter la nacelle vers la direction optimale du vent. La force du vent au contact des trois pales, les entraîne dans un mouvement de rotation. Un courant alternatif est ainsi généré, grâce à la rotation du rotor autour du stator. Les pales permettent donc de transformer l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique et le générateur transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.

La plupart des générateurs ont besoin de tourner à grande vitesse pour produire de l'électricité. Ainsi, un multiplicateur a pour rôle d'accélérer le mouvement lent des pales, dont la vitesse de rotation est fonction de leur taille. Plus les pales seront grandes, moins elles tourneront rapidement. La tension de l'électricité produite par le générateur étant trop faible, elle est traitée à l'aide d'un convertisseur, qui l'augmente à 20 000 volts. Ainsi, l'électricité peut être injectée dans le réseau électrique et distribuée aux consommateurs.

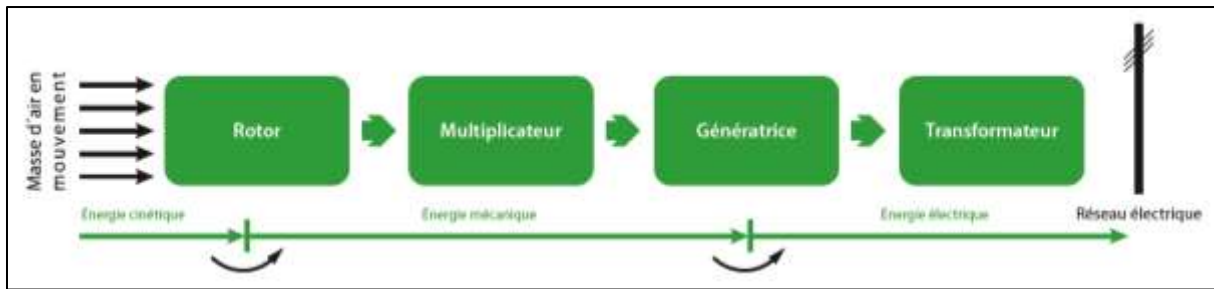


Figure 11 : Schéma simplifié de la chaîne de conversion de l'énergie d'une éolienne (chaîne cinématique) (Source : document interne à l'entreprise)

4.1.2. Composition d'un parc éolien terrestre

Une centrale éolienne terrestre comporte les éléments principaux suivants :

- un ensemble d'éoliennes et leurs fondations ;
- une voie d'accès et une piste de desserte inter-éoliennes ;
- un réseau de câbles enterré reliant les éoliennes entre elles (également appelé réseau de câbles inter-éolien) ;
- un ou plusieurs postes de livraison ;
- des postes de transformation situés à l'intérieur de chaque éolienne et ;
- un ensemble de câbles de raccordement au réseau électrique.

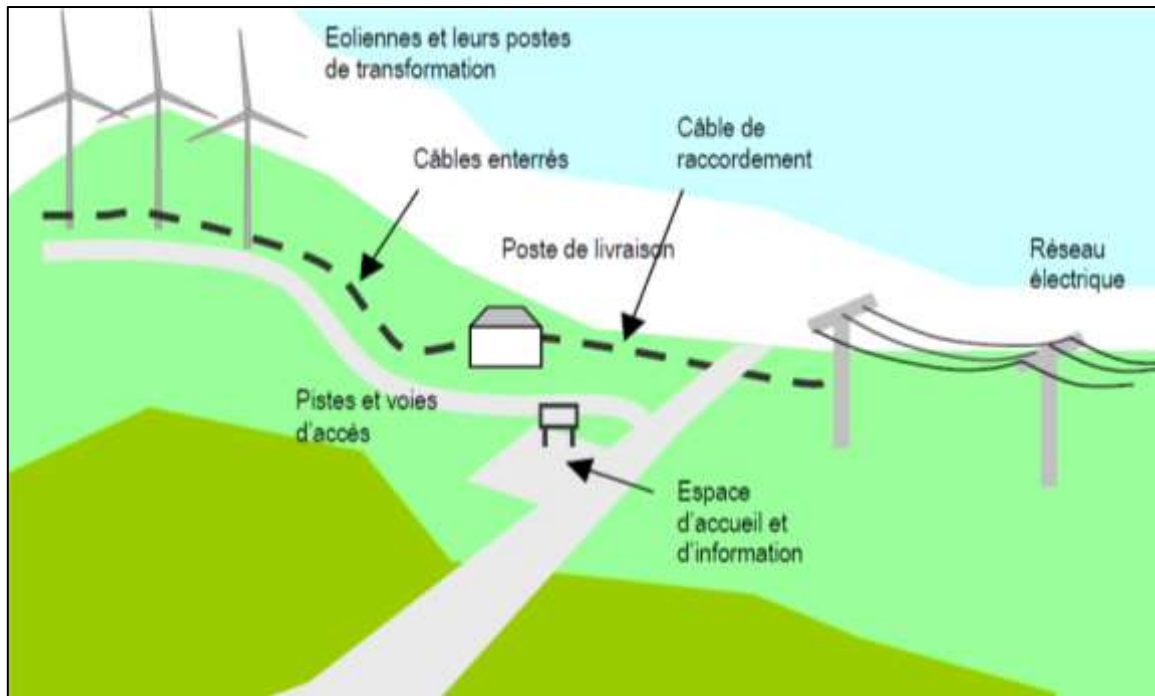


Figure 12 : Schéma descriptif d'un parc éolien terrestre (rapports d'échelle non représentatifs)
(Source : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement, Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer)

4.1.3. Description générale d'un aérogénérateur

Une éolienne se compose des éléments principaux suivants :

- **Un mât**

Le mât a une fonction de soutien. Il permet de placer le rotor à une hauteur suffisante pour permettre son mouvement et son entraînement par des vents plus forts et réguliers qu'au niveau du sol.

Le mât abrite généralement une partie des composants électriques et électroniques (par exemple consoles de commande). Les mâts sont communément en acier, mais des mâts en béton sont de plus en plus utilisés par certains producteurs.

- **Une nacelle**

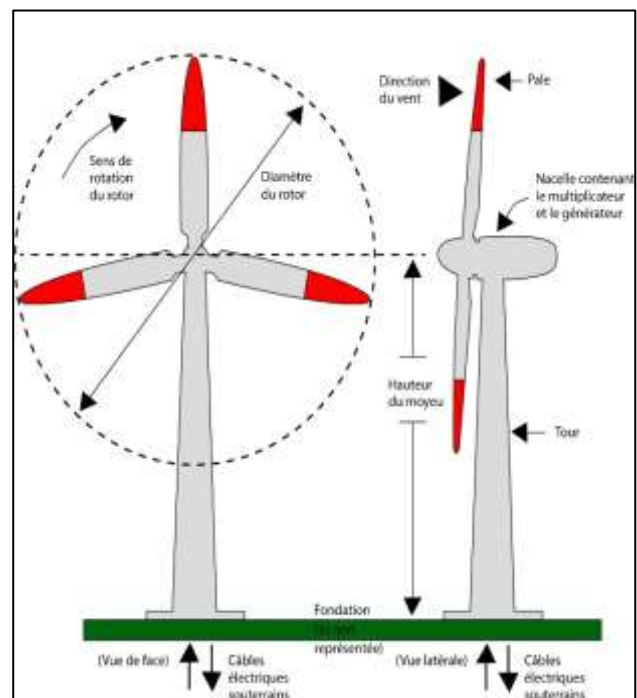


Figure 13 : Schéma d'ensemble d'une éolienne
(Source : Green Energy GmbH)

Elle est montée au sommet du mât, et abrite les composants mécaniques, pneumatiques, ainsi que les composants électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de la machine. La nacelle peut tourner pour orienter les pales par rapport à la direction du vent.

- **Un rotor**

Il est composé de plusieurs pales (en général trois) et du nez de l'éolienne, fixé à la nacelle. Le rotor est entraîné par l'énergie du vent, il est branché directement ou indirectement (via un multiplicateur de vitesse à engrenages) au système mécanique qui utilisera l'énergie recueillie (pompe, générateur électrique...).

Les éoliennes utilisent la force du vent pour produire de l'électricité, grâce au principe de fonctionnement de l'alternateur. Un alternateur est un dispositif permettant de transformer l'énergie mécanique en électricité. Il est composé d'une partie fixe, le stator et d'une partie mobile, le rotor. La force du vent sur les pales entraîne le mouvement du rotor. Ce mouvement, allié à l'immobilité du stator, génère un courant alternatif.

Une éolienne fonctionne dès lors que la vitesse du vent est suffisante pour entraîner la rotation du rotor. Plus la vitesse du vent est importante, plus l'éolienne délivrera de l'électricité (jusqu'à atteindre le seuil de production maximum).

Les modes de fonctionnement d'une éolienne diffèrent selon la vitesse du vent. Quatre « modes » de fonctionnement sont à considérer :

- Dès que la vitesse du vent atteint 2 m/s, un automate, informé par un capteur de vent, commande aux moteurs d'orientation, de placer l'éolienne face au vent. Les trois pales sont alors mises en mouvement par la seule force du vent. Elles entraînent avec elles le multiplicateur et la génératrice électrique.
- Lorsque la vitesse du vent est suffisante (d'au moins 3 m/s), l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor tourne alors à sa vitesse nominale.
- Quand le vent atteint une certaine vitesse (environ 11,5 m/s pour la V_{117-3,3}), l'éolienne peut fournir sa puissance maximale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales. Un système hydraulique régule la portance en modifiant l'inclinaison des pales par pivotement sur leurs roulements (chaque pale tourne sur elle-même).
- Lorsque la vitesse du vent dépasse 25 m/s (soit 90 km/h), un système d'inclinaison des pales entraîne un arrêt immédiat de l'aérogénérateur pour éviter des dégâts.

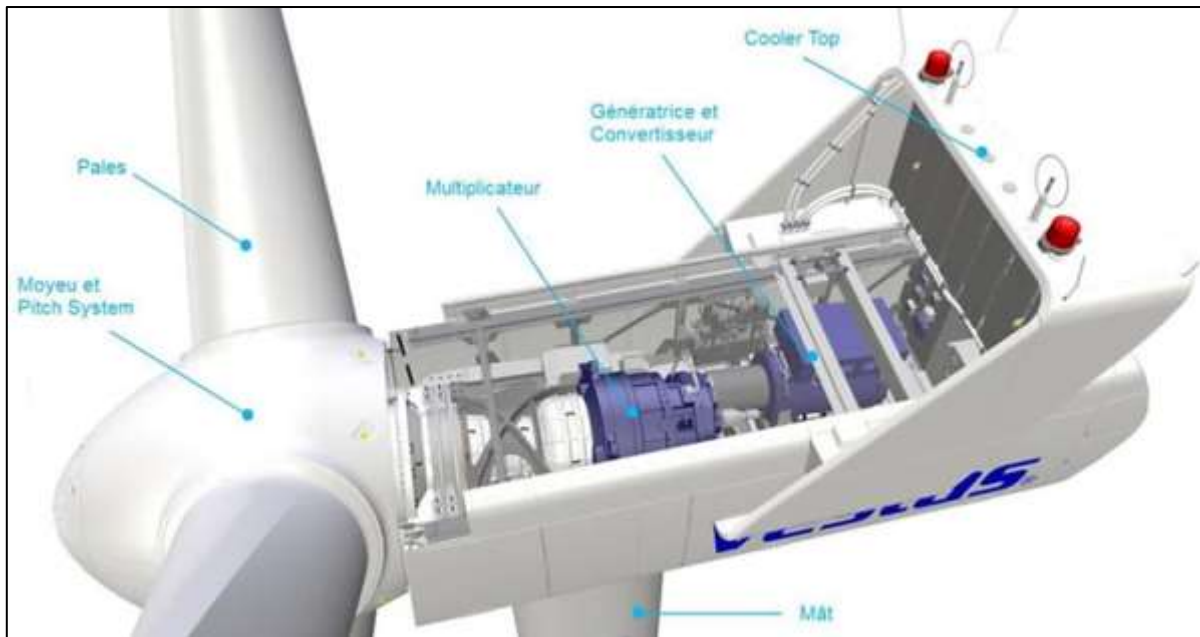


Figure 14 : Schéma Type d'une Nacelle (Source : EISE, Vestas)

4.2. Le parc éolien de Fère-Champenoise en fonctionnement

4.2.1. Fonctionnement de l'installation

4.2.1.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur V117-3,3

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. Grâce aux informations transmises par l'anémomètre qui détermine la vitesse et 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 2 m/s, et c'est seulement à partir de 3 m/s que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 18 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. 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 la vitesse minimale nécessaire à la production maximale, l'éolienne fournit sa puissance nominale. L'électricité produite par la génératrice est convertie en courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension d'environ 650 V. La tension est ensuite élevée entre 12 et 20 kV 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 dépasse la vitesse maximale de fonctionnement, l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

Tableau 25 : Fonctionnement de l'éolienne V117-3,3 en fonction des vitesses de vent (Source : Vestas)

V117-3,3	
Vitesse de vent minimale nécessaire à la production maximale	11,5 m/s
Vitesse maximale de fonctionnement	25 m/s

Le tableau ci-après, issu du constructeur Vestas, présente de manière synthétisée le découpage fonctionnel d'une éolienne V 117-3,3. En effet comme le précise le point 1.5. Méthodologie, le modèle V117-3,3 et le modèle V117-3,45 sont sensiblement identiques et les principaux composants et caractéristiques sont équivalents.

Tableau 26 : Découplage fonctionnel d'une éolienne V117-3,3 (Source : Vestas)

Élément de l'éolienne	Fonction	Description	Données relatives à l'éolienne V117-3,3
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	<p>Le massif de fondation est composé de béton armé et conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2. Les fondations ont entre 3 et 5 mètres d'épaisseur pour un diamètre de l'ordre d'une vingtaine de mètres. Ceci représente une masse de béton d'environ 1 000 tonnes. Un insert métallique disposé au centre du massif sert de fixation pour la base de la tour. Il répond aux prescriptions de l'Eurocode 3.</p> <p>Cette structure doit répondre aux calculs de dimensionnement des massifs qui prennent en compte les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> Le type d'éolienne ; La nature des sols ; Les conditions météorologiques extrêmes ; Les conditions de fatigue. 	
Tour/ mât	Supporter la nacelle et le rotor	<p>La tour des éoliennes (également appelée mât) est constituée de plusieurs sections tubulaires en acier, de plusieurs dizaines de millimètres d'épaisseur et de forme tronconique, qui sont assemblées entre elles par brides. Fixée par une bride à l'insert disposé dans le massif de fondation, la tour est autoportante.</p> <p>La hauteur de la tour, ainsi que ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée.</p> <p>La tour a avant tout une fonction de support de la nacelle mais elle permet également le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle et abrite :</p> <ul style="list-style-type: none"> Une échelle d'accès à la nacelle ; Un élévateur de personnes ; Une armoire de contrôle et des armoires de batteries d'accumulateurs (en point bas) ; Les cellules de protection électriques. 	<ul style="list-style-type: none"> Hauteur de la tour : 91,5 m Nombre de sections : 4 Tension dans les câbles présents dans la tour : entre 12 et 20 kV Diamètre maximum à la base : 4,3 m
Nacelle	<ul style="list-style-type: none"> Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité ainsi que les dispositifs de contrôle 	<p>La nacelle se situe au sommet de la tour et abrite les composants mécaniques, hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne (voir figure ci-après).</p> <p>Elle est constituée d'une structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre, et est équipée de fenêtres de toit permettant d'accéder à l'extérieur.</p> <p>Le système de refroidissement Vestas CoolerTop™ assure le refroidissement des principaux éléments de l'éolienne et sert également de support pour les balisages lumineux et les capteurs de vent (voir la photo ci-après). Ces capteurs à ultrasons mesurent en permanence la vitesse et la direction du vent.</p> <p>Une sonde de température extérieure est placée sous la nacelle et reliée au contrôle commande.</p> <p>La nacelle n'est pas fixée de façon rigide à la tour. La partie intermédiaire entre la tour et la nacelle constitue le système d'orientation, appelé « yaw system », permettant à la nacelle de s'orienter face au vent, c'est-à-dire de positionner le rotor dans la direction du vent (l'orientation du rotor est forcée).</p> <p>Le système d'orientation est constitué de plusieurs dispositifs motoréducteurs solidaires de la nacelle, dont les arbres de sortie comportent un pignon s'engrenant sur une couronne dentée solidaire de la tour. Ces dispositifs permettent la rotation de la nacelle et son maintien en position face au vent. La vitesse maximum d'orientation de la nacelle est de moins de 0,5 degrés par seconde soit environ une vingtaine de minutes pour faire un tour complet.</p> <p>Afin d'éviter une torsion excessive des câbles électriques reliant la génératrice au réseau public, il existe un dispositif de contrôle de rotation de la nacelle. Celle-ci peut faire 3 à 5 tours de part et d'autre d'une position moyenne. Au-delà, un dispositif automatique provoque l'arrêt de l'éolienne, le retour de la nacelle à sa position dite « zéro », puis la turbine redémarre.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Longueur : 12,8 m Largeur avec refroidisseur : 5,1 m Hauteur sans refroidisseur : 3,2 m Hauteur avec refroidisseur : 8,3 m Poids total : 157 t Tension dans les armoires électriques : entre 0 et 1200 V
Rotor	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	<p>Les rotors Vestas sont composés de trois pales fixées au moyeu via des couronnes à deux rangées de billes et double contact radial. La rotation du rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Elle est transmise à la génératrice via le multiplicateur.</p> <p>Les pales peuvent pivoter d'environ 90 degrés sur leur axe grâce à des vérins hydrauliques montés dans le moyeu. La position des pales est alors ajustée par un système d'inclinaison, appelé « Vestas Pitch System ». Ainsi, les variations de vitesse de vents sont constamment compensées par l'ajustement de l'angle d'inclinaison des pales. Le « Vestas Pitch System » est conçu pour optimiser au maximum la production de l'éolienne.</p> <p>Dans le cas où la vitesse de vent devient trop importante, risquant d'amener une usure prématurée des divers composants ou de conduire à un emballement du rotor, le « Vestas Pitch System » ramène les pales dans une position où elles offrent le moins de prise au vent, dite « en drapeau », conduisant à l'arrêt du rotor (freinage aérodynamique). Ce système comprend également la présence d'accumulateurs hydropneumatiques disposés au plus près des vérins. Ces accumulateurs</p>	<p>Rotor :</p> <ul style="list-style-type: none"> Diamètre : 117 m Surface balayée : 10 751 m² Plage de rotation opératoire : entre 6,2 et 17,7 tours/min

Élément de l'éolienne	Fonction	Description	Données relatives à l'éolienne V117-3,3
		<p>permettent, même en cas de perte du système de contrôle, de perte d'alimentation électrique ou de défaillance du système hydraulique, de ramener les pales en drapeau.</p> <p>Chaque pale est indépendante et équipée de son propre pitch system afin de garantir un calage continu même en cas de dysfonctionnement du contrôle commande.</p> <p>Plusieurs notions caractérisent les pales :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La longueur, fonction de la puissance désirée ; • La corde (largeur maximale), fonction du couple nécessaire au démarrage et de celui désiré en fonctionnement ; • Les matériaux, fonction de la résistance souhaitée. <p>La géométrie de la pale est légèrement vrillée autour de son axe longitudinal pour un meilleur rendement.</p>	<p>Pales :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Longueur : 57 m • Largeur maximale (corde) : 4 m • Poids unitaire (en cours d'optimisation, susceptible d'être inférieur) : 13,3 t • Matériau : fibre de verre renforcée avec époxy et fibre de carbone
Multiplicateur (Gearbox)	Multiplier la vitesse de rotation issue de l'arbre lent	<p>Le rotor est directement relié à un arbre de transmission appelé « arbre lent ». Cet arbre, qui tourne à la vitesse du rotor est connecté au multiplicateur. Le multiplicateur (Gearbox) permet de multiplier la vitesse de rotation d'un facteur compris entre 100 et 120 selon les modèles, de telle sorte que la vitesse de sortie (« arbre rapide ») est d'environ 1500 tours par minute.</p> <p>Le dispositif de transmission entre l'arbre rapide et la génératrice (coupling) est un dispositif flexible, réalisé en matériau composite afin de compenser les défauts d'alignement mais surtout afin de constituer une zone de moindre résistance et de pouvoir rompre en cas de blocage d'un des deux équipements.</p> <p>Sur l'arbre rapide du multiplicateur est monté un disque de frein, à commande hydraulique, utilisé pour l'arrêt de la turbine en cas d'urgence.</p>	
Générateur et transformateur	<ul style="list-style-type: none"> • Produire de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique • Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau 	<p>Les éoliennes sont équipées d'un système générateur/transformateur fonctionnant à vitesse variable (et donc à puissance mécanique fluctuante).</p> <p>Le générateur est ici de type synchrone délivrant un courant alternatif sous 710 V à vitesse nominale. Un système de conversion appelé « Grid Streamer™ converter » permet d'assurer la régulation du fonctionnement du générateur et la qualité du courant produit. Il permet d'alimenter le transformateur élévateur de tension en courant alternatif 50 Hz sous 650 V.</p> <p>Cette tension est élevée 20 kV par un transformateur sec, puis régulée par des dispositifs électroniques de façon à pouvoir être compatible avec le réseau public. Le transformateur est localisé dans une pièce fermée à l'arrière de la nacelle.</p> <p>Un câble relie ensuite la nacelle et les cellules de protection du réseau, disposées dans une armoire en partie basse de la tour. Il s'agit de cellules à isolation gazeuse (SF6) qui permettent une séparation électrique de l'éolienne par rapport aux autres machines du champ éolien en cas d'anomalie (court-circuit, surtension, défaut d'isolement, ...).</p> <p>Le refroidissement du générateur et du dispositif de conversion est effectué par une boucle d'eau.</p>	

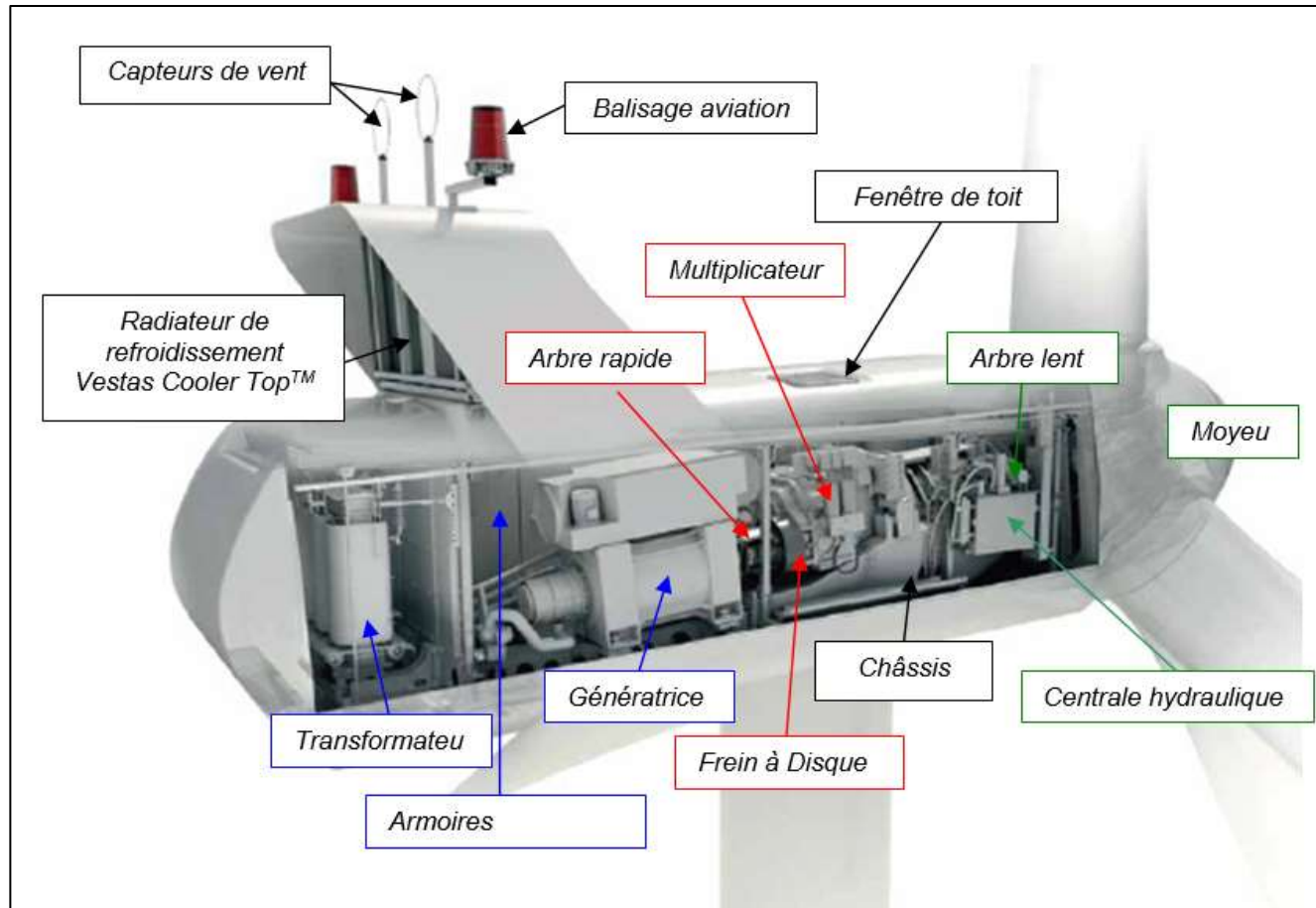


Figure 15 : Composants de la nacelle (Source : Vestas)

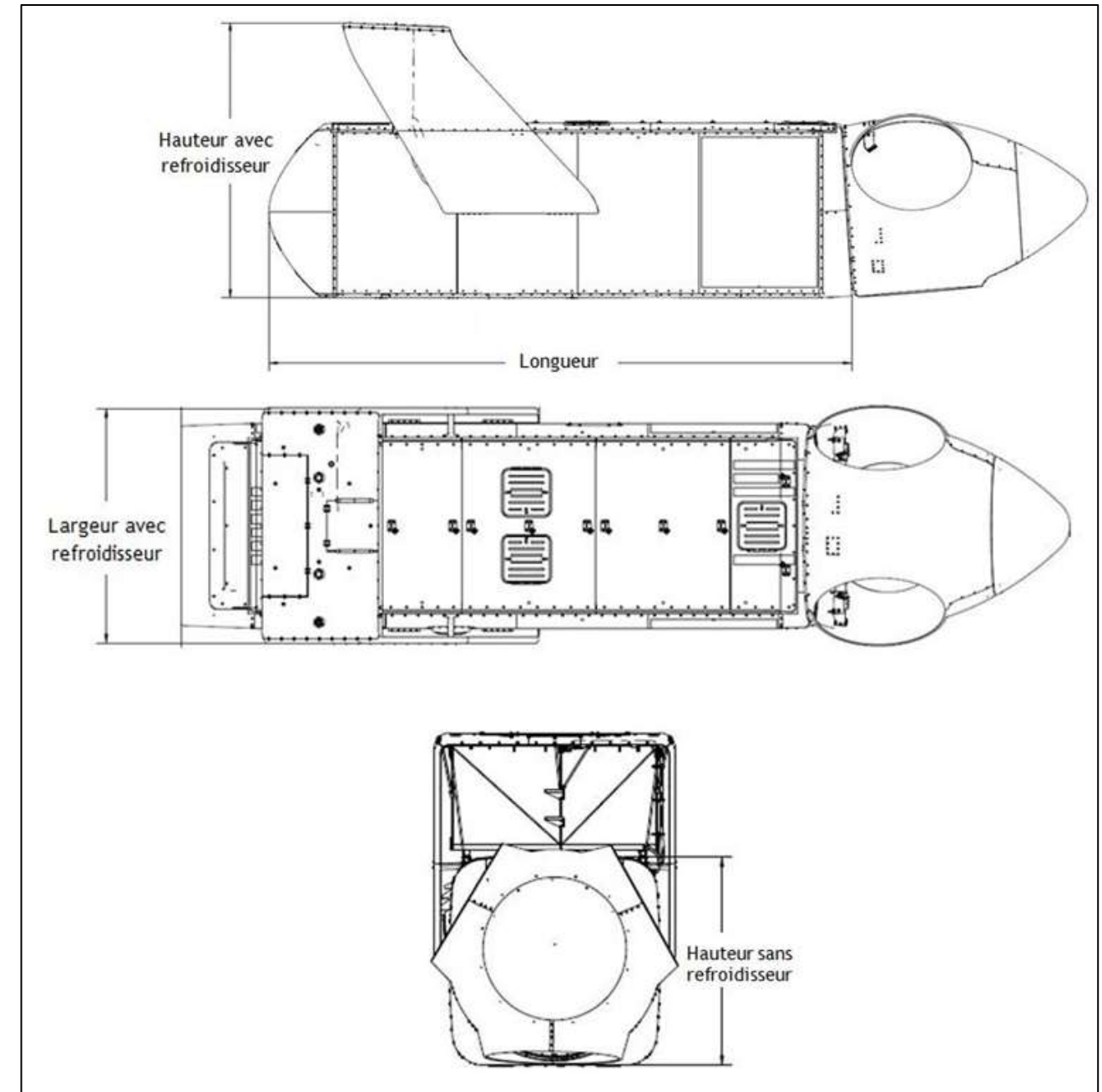


Figure 17 : Schémas représentatifs d'une nacelle Vestas (Source : Vestas)

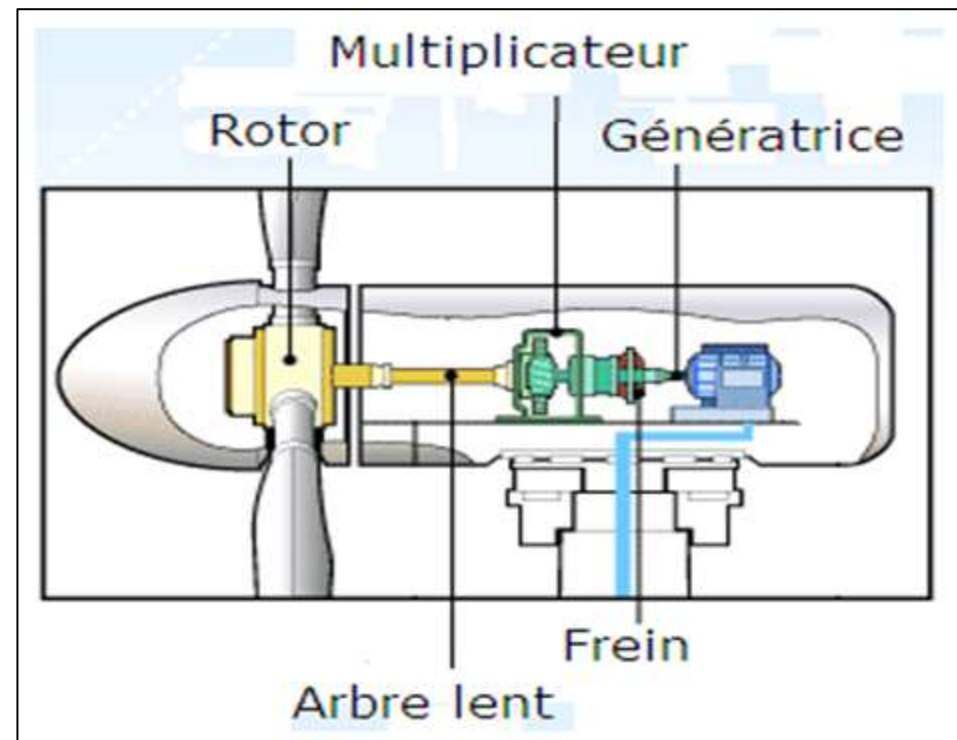


Figure 16 : Schéma simplifié de la chaîne cinématique (Source : Vestas)

4.2.1.2. Contrôle et maintenance des installations

4.2.1.2.1. Conduite du système

Les éoliennes sont des équipements de production d'énergie qui sont disposés à l'écart des zones urbanisées et qui ne nécessitent pas de présence permanente de personnel. Bien que certaines opérations nécessitent des interventions sur site, les éoliennes Vestas sont surveillées et pilotées à distance.

Pour cela, les installations Vestas sont équipées d'un système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. Les parcs éoliens sont ainsi reliés à des centres de télésurveillance permettant le diagnostic et l'analyse de leur performance en permanence, ainsi que certaines actions à distance. Ce dispositif assure la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement.

Il permet également de relancer aussitôt les éoliennes si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. C'est notamment le cas lors des arrêts de l'éolienne par le système normal de commande (en cas de vent faible, de vent fort, de température extérieure trop élevée ou trop basse, de perte du réseau public, etc.).

En revanche, en cas d'arrêt lié à un déclenchement de capteur de sécurité (déclenchement VOG, déclenchement détecteur d'arc électrique, température haute, pression basse huile, etc.), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut avant de pouvoir relancer un démarrage.

En cas d'intervention, des équipes de techniciens sont réparties sur le territoire afin de pouvoir réagir rapidement. Les interventions sont toujours réalisées par une équipe d'au moins deux personnes.

Par ailleurs, afin d'assurer la sécurité des équipes intervenantes, un dispositif de prise de commande locale de l'éolienne est disposé en partie basse de la tour. Ainsi, lors des interventions sur l'éolienne, les opérateurs basculent ce dispositif sur « commande locale » ce qui interdit toute action pilotée à distance. Toute intervention dans le rotor n'est réalisée qu'après le blocage mécanique de celui-ci.

De plus, des dispositifs de consignation électrique sont répartis sur l'ensemble des éléments électriques afin de pouvoir isoler certaines parties et protéger ainsi le personnel intervenant.

Il est également important de noter qu'au-delà de certaines vitesses de vent, les interventions sur les équipements ne sont pas autorisées.

4.2.1.2.2. Formation des personnels

Les personnels intervenant sur les éoliennes, tant pour leur montage, que pour leur maintenance, sont des personnels Vestas, formés au poste de travail et informés des risques présentés par l'activité.

Toutes les interventions (pour montage, maintenance, contrôles) font l'objet de procédures qui définissent les tâches à réaliser, les équipements d'intervention à utiliser et les mesures à mettre en place pour limiter les risques d'accident. Des check-lists sont établies afin d'assurer la traçabilité des opérations effectuées.

4.2.1.2.3. Entretien préventif des installations et du matériel

La société Vestas atteste de la conformité de ses aérogénérateurs à l'ensemble des dispositions contenues dans l'arrêté du 26 août 2011, y compris les essais de mise en service ainsi que les vérifications de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt.

Les principaux contrôles effectués dans le cadre des opérations de maintenance sont présentés ci-après.

Tableau 27 : Principales opérations de maintenance lors de l'inspection des 3 mois (Source : Étude de dangers, Vestas)

Composants	Opérations
Etat général	Vérification de la propreté de l'intérieur de l'éolienne Vérification qu'aucun matériau combustible ou inflammable n'est entreposé dans l'éolienne
Moyeu	Inspection visuelle du moyeu Vérification des boulons entre le moyeu et les supports de pale* Vérification des boulons maintenant la coque du moyeu
Pales	Vérification des roulements et du jeu Vérification des joints d'étanchéité Inspection visuelle des pales, de l'extérieur et de l'intérieur Vérification des boulons de chaque pale* Vérification des bruits anormaux Vérification des bandes paratonnerres
Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification des boulons et de l'absence d'impacts de foudre.

Composants**Opérations**

Arbre principal	Vérification des boulons fixant l'arbre principal et le moyeu* Inspection visuelle des joints d'étanchéité Vérification des bruits anormaux et des vibrations Vérification du fonctionnement du système de lubrification Vérification des dommages au niveau des boulons de blocage du rotor
Système d'orientation de la nacelle (Yaw system)	Vérification des boulons fixant le haut du palier d'orientation et la tour* Vérification des bruits anormaux Vérification du système de lubrification
Tour	Vérification de l'état du béton à l'intérieur et à l'extérieur de la tour Vérification des boulons entre la partie fondation et la tour, entre les sections de la tour et sur l'échelle* Vérification des brides et des cordons de soudure Vérification des plateformes Vérification du câble principal Inspection visuelle du mât
Bras de couple	Vérification boulons Vérification et serrage de la connexion à la terre
Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	Vérification des boulons du cylindre principal et du bras de manivelle Vérification des boulons de l'arbre terminal et des roulements
Multiplicateur	Changement d'huile et nettoyage du multiplicateur si nécessaire Vérification du niveau sonore lors du fonctionnement du multiplicateur Vérification des joints, de l'absence de fuite, etc... Vérification d'absence de fuites au niveau des points de lubrification Vérification des capteurs de débris
Huile du multiplicateur	Vérification du niveau d'huile Vérification des composants du bloc hydraulique et des pompes
Système de freinage	Vérification des étriers, des disques et des plaquettes de freins Inspection des entrées et des sorties de tuyaux
Générateur	Vérification des câbles électriques dans le générateur Vérification des fuites de liquides de refroidissement et de graisse Lubrification des roulements
Système de refroidissement par eau	Vérification du fonctionnement des pompes à eau Vérifications des tubes et des tuyaux Vérification du niveau de liquide de refroidissement
Vestas Cooler Top™	Vérification boulons

Composants

Opérations

Système hydraulique	Vérification d'absence de fuites dans la nacelle, l'arbre principal et les pompes
Onduleur	vérification du fonctionnement de l'onduleur.
Capteur de vent et balisage aérien	Vérification du bon fonctionnement du balisage aérien et inspection visuelle du capteur de vitesse de vent.
Nacelle	Vérification boulons Vérification d'absence de fissures autour des raccords Vérification des points d'ancrage et des fissures autour de ceux-ci
Extérieur	Vérification de la protection de surface Nettoyage des têtes de boulons et d'écrous, des raccords, etc...
Transformateur	Inspection mécanique et électrique du transformateur
Sécurité générale	Inspection des câbles électriques Inspection du système de mise à la terre

Les vérifications présentées dans le tableau ci-avant sont effectuées au bout de trois mois, puis d'un an de fonctionnement, puis tous les trois ans, conformément à [l'arrêté du 26 août 2011](#).

Ces opérations de maintenance courante seront répétées lors de l'inspection après la première année de fonctionnement, puis régulièrement selon le calendrier de maintenance.

Des opérations de maintenance supplémentaires sont également effectuées et sont présentées ci-après.

Tableau 28 : Opérations de maintenance supplémentaires lors des inspections annuelles
(Source : Étude de dangers, Vestas)

Composants

Opérations

Moyeu	Vérification de l'état de la fibre de verre Vérification des joints d'étanchéité Vérification de la fonctionnalité des trappes d'accès et de leurs verrous
Pales	Vérification des tubes de graissage et du bloc de distribution de graisse Vérification du niveau de graisse dans les collecteurs de graisse et remplacement s'ils sont pleins Remplissage du distributeur de graisse
Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification du câble connectant les bandes anti-foudre Vérification des amortisseurs d'usure Vérification des bandes anti-foudre

Composants**Opérations**

Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	Vérification du bon fonctionnement du système d'inclinaison des pales
	Vérification de la pression des accumulateurs
	Vérification de la tension des fixations des accumulateurs
	Vérification des boulons
Arbre principal	Vérification des pistons des vérins hydrauliques
	Vérification et lubrification des roulements principaux tous les 5 ans
	Vérification de l'ajustement des capteurs RPM
Bras de couple	Lubrification des boulons de blocage du rotor
	Vérification des boulons entre le bras de couple et le bâti tous les 4 ans
Multiplicateur	Vérification et remplacement (si nécessaire) des filtres à air
	Remplacement des filtres à air tous les 10 ans
	Remplacement du système de détection de particules tous les 10 ans
	Vérification des flexibles de drainage. Remplacement si nécessaire.
	Remplacement des flexibles de drainage tous les 10 ans
	Remplacement des tuyaux tous les 7 ans
	Inspection des boulons du système d'accouplement entre le multiplicateur et l'arbre principal tous les 4 ans
Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse	
Système de freinage	Vérification du câblage des capteurs d'usure et de chaleur
	Remplacement des plaquettes de freins tous les 7 ans
Générateur	Vérification du bruit des roulements
	Vérification du système de graissage automatique
	Vérification du système de refroidissement
Système de refroidissement par eau	Remplacement du liquide de refroidissement tous les 5 ans
Système hydraulique	Vérification des niveaux d'huile et remplacement si nécessaire
	Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse
	Changement d'huile selon les rapports d'analyse
	Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre)
	Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre)
	Contrôle des flux et de la pression
Vérification de la pression dans le système de frein	
Vestas Cooler Top™	Inspection visuelle du Vestas Cooler Top™ et des systèmes parafoudres
Onduleur	Vérification du bon fonctionnement de l'onduleur
	Remplacement des différents filtres des ventilateurs
	Remplacement des différents ventilateurs tous les 5 ans
	Remplacement de la batterie tous les 5 ans

Composants

Opérations

Capteur de vent et balisage aérien	Inspection visuelle du capteur de vitesse de vent et du bon fonctionnement du balisage.
Nacelle	Changement des filtres à air Changement des batteries des processeurs
Tour	Changement des filtres de ventilation contaminés Maintenance de l'élèveur de personnes
Système de détection d'arc électrique	Test du capteur de détection d'arc électrique du jeu de barres et dans la salle du transformateur
Système d'orientation nacelle (Yaw System)	Lubrification de la Couronne d'orientation Vérification du niveau d'huile des motoréducteurs, et remplissage si besoin Changement de l'huile des motoréducteurs tous les 10 ans Vérification et ajustement du couple de freinage
Armoire de contrôle en pied de tour	Test des batteries Remplacement des batteries de secours tous les 5 ans Remplacement des radiateurs en cas de défaillance
Sécurité générale	Test des boutons d'arrêt d'urgence Test d'arrêt en cas de survitesse Vérification des équipements de sauvetage Vérification de la date d'inspection des extincteurs Test des détecteurs de fumée (si installés) Vérification du système antichute

4.2.1.2.4. Contrôles réglementaires périodiques

Les contrôles réglementaires concernent les installations électriques, les équipements et accessoires de levage ou les équipements sous pression (accumulateurs hydropneumatiques). Ils sont réalisés par des organismes agréés.

Le matériel incendie est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.

4.2.1.2.5. Maintenance curative

Il s'agit des opérations de maintenance réalisées suite à des défaillances de matériels ou d'équipements (ex : remplacement d'un capteur défaillant, ajout de liquide de refroidissement faisant suite à une fuite, etc.). Ces opérations sont faites à la demande, dès détection du dysfonctionnement, de façon à rendre l'équipement à nouveau opérationnel.

4.2.1.2.6. *Prise en compte du retour d'expérience*

Dans l'organisation Vestas, chaque incident ou défaillance est remonté systématiquement via un rapport détaillé dans une base de données générale. Toutes ces informations sont utilisées dans le cadre d'un processus d'amélioration continue.

Ainsi, les principaux axes d'amélioration ont porté sur :

- La mise en sécurité de la machine lors de vents violents ;
- Une meilleure gestion du risque d'incendie de la nacelle ;
- L'amélioration des dispositifs de protection contre les effets de la foudre ;
- La recherche de solutions pour limiter les effets de la formation de glace ou d'accumulation de neige ;
- L'étude de solutions visant à limiter les contraintes sur les équipements, qui peuvent accélérer l'usure et le vieillissement de ces équipements.

4.2.1.3. *Sécurité des installations*

L'installation respecte la réglementation applicable en vigueur en matière de sécurité. Elle est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation ainsi qu'à l'ensemble des lois et normes qui assurent la sécurité de l'installation.

La description des différents systèmes de sécurité et de surveillance de l'éolienne V117 – 3,3 MW sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, au chapitre 7 de la présente étude de dangers.

4.2.1.3.1. *Respect des réglementations en vigueur*

L'annexe 1 de la présente étude de dangers détaille les solutions proposées par le fabricant Vestas et qui pourront être choisies par l'exploitant pour répondre à l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations classées ICPE.

4.2.1.3.2. *Respect des principales normes applicables aux installations*

Normes générales de construction

La liste des codes et standards appliqués pour la construction des éoliennes Vestas, présentée ci-après, n'est pas exhaustive (il existe en effet plusieurs centaines de standards applicables). Seuls les principaux standards sont donc 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. Ainsi, la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent au standard : IEC61400-1. Les pales respectent le standard IEC61400-1 ; 12 ; 23 (voir ci-dessous).
- La génératrice est construite suivant le standard IEC60034.
- La conception du multiplicateur répond aux règles fixées par la norme ISO81400-4.
- La protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4.
- Les éoliennes Vestas 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 des éoliennes répond à la norme ISO 12944.

Tableau 29 : Certifications de type CE (Source : Vestas)

	Partie extérieure	Partie intérieure
Nacelle Vestas	C5	Minimum C3
Moyeu	C5	C3
Tour	C4	C3

Les divers types d'éoliennes font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables.

Pales

Les pales constituent un des points les plus délicats de l'éolienne. Il s'agit en effet d'un équipement qui doit posséder des caractéristiques particulières alliant à la fois résistance, légèreté et flexibilité, tout comme l'aile d'un avion. Le profil est de plus étudié pour offrir un maximum de rendement

aérodynamique. Le procédé de fabrication fait donc à la fois appel à des opérations automatisées et à des opérations manuelles.



Figure 18 : Une pale Vestas en usine (Source photo : Vestas)

A chaque changement de modèle de pale, une pale prototype est réalisée, qui subit une série de tests : mesure des contraintes de flexion et tests de fatigue dans les deux directions principales, mesure des caractéristiques aérodynamiques, détermination des fréquences propres.

Une deuxième série de tests (tests de chargements statiques, tests de fatigue, etc.) est réalisée en présence d'un organisme certificateur en conformité avec le [standard IEC 61400-23](#).

Enfin, un jeu complet de pales est monté en conditions réelles sur un prototype afin d'observer son comportement.

Les résultats de tous ces tests sont indispensables pour lancer la production en série.

L'aérogénérateur

Le Design Evaluation Conformity Statement atteste la conformité de l'installation à la [norme CEI 61 400-1](#) dans sa version de 2005 ainsi qu'à la [norme CEI 61 400-22](#) en ce qui concerne la conception.

Le Type Certificate atteste la conformité de l'aérogénérateur à la [norme CEI 61 400-1](#) dans sa version de 2005.

Le balisage

Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles [L. 6351-6](#) et [L. 6352-1](#) du code des transports et des articles [R. 243-1](#) et [R. 244-1](#) du code de l'aviation civile.

Des panneaux présentant les prescriptions au public sont installés sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur.

La fondation

Le dimensionnement des fondations respecte les codes de construction pour l'Europe, les Eurocodes. Les principaux utilisés pour le calcul des fondations sont :

- **Eurocode 2** : Calcul des structures en béton ;
- **Eurocode 3** : Calcul des structures en acier.

4.2.1.3.3. Sécurité électrique – prévention

Seul le personnel habilité et qualifié est autorisé à pénétrer au sein des turbines et dans le Poste De Livraison (PDL). L'affichage des risques, imposé par la réglementation ICPE et le code du travail, est effectuée par plusieurs supports (les photos suivantes sont issues sur notre parc éolien en exploitation « Énergie du Partage » situé sur la commune de Saulces-Champenoises) :

A l'entrée des éoliennes :



A l'entrée des Postes de Livraison :

4.2.1.3.4. *Procédures en cas d'incident et organisation des secours en cas d'accident*

En phase de chantier

L'organisation des secours en phase chantier est décrite dans les Plans Particuliers de Sécurité et de Protection de la Santé de chaque intervenant sur site. Les PPSPS remis directement au bureau de contrôle, prévoient toutes les procédures d'intervention des équipes de secours dans tous les cas d'accident possibles.

En phase d'exploitation

Capteurs :

Les éoliennes développées par la société Green Energy 3000 GmbH sont équipées des capteurs/détecteurs nécessaires répondant aux demandes d'ICPE (voir chapitre sur les fonctions de sécurité).

Ces dispositifs sont implantés dans les machines selon les normes EN et NF et subissent des tests périodiques et fonctionnels particuliers et adaptés.

Leur rôle est principalement de détecter des anomalies survenues au cours de l'exploitation d'une éolienne. En cas d'entrée en fonctionnement anormal de l'éolienne, l'automate de l'éolienne génère une alarme spécifiant le type d'événement : incendie (détecteur de fumée), survitesse (rotor ou génératrice s'emballent), risque de glace/givre (déducteur ou calculateur différentiel).

Enfin, l'alarme est transmise aux opérateurs (constructeur et exploitant) via la voie internet (Email) ou SMS/Appel téléphonique.

La télésurveillance : système SCADA

Le SCADA est le système de télégestion des aérogénérateurs. Ce dernier permet de suivre les éoliennes et d'avoir un accès en temps réel à toutes les données des installations. Il est ainsi possible de pouvoir contrôler à distance le bon fonctionnement des différents composants des machines.

Ce dispositif permet également le déclenchement d'alarmes dès que le moindre dysfonctionnement d'un composant interne à risque est détecté, permettant ainsi une intervention rapide des équipes si besoin est. Le Scada est donc en même temps le système de contrôle et de suivi des aérogénérateurs et de leurs circuits électriques jusqu'au poste de livraison de même que le système d'échange de données et d'analyse de l'état des machines.

Centre Monitoring :

Ce service est proposé par le constructeur de l'éolienne. Les opérateurs surveillent 24/7 les éoliennes du constructeur à l'échelle mondiale. En cas d'événement anormal, une vérification des paramètres techniques est réalisée afin de lever le doute. Si nécessaire, une équipe peut être envoyée sur site pour lever visuellement le doute.

En cas d'alerte (feu ou survitesse), l'opérateur arrête immédiatement la machine pour la mettre en sécurité et enclenche la procédure d'information à l'exploitant et/ou aux secours si nécessaire.

Gestion technico-commerciale : Green Management 3000 GmbH

La gestion technico-commerciale pourra être déléguée à la société Green Management 3000 GmbH (société sœur de Green Energy 3000 GmbH), comme cela a été le cas pour le parc éolien de l'Energie du Partage développé par Green Energy 3000 GmbH et situé sur la commune de Saulces-Champenoises et des autres projets prochainement en construction sur les communes de Pauvres et de Villers-le-tourneur.

Une équipe qualifiée est alors d'astreinte 24/24 heures et 7/7 jours. Elle est chargée entre autres de gérer l'exploitation technique des éoliennes. Le personnel, basé en France et en Allemagne, est donc en mesure de se connecter en permanence au SCADA des parcs éoliens et réalise la surveillance à distance en redondance avec les constructeurs.

Cette équipe est joignable en permanence sur un numéro générique d'exploitation qui figure sur les panneaux d'avertissement à proximité de chaque éolienne en exploitation ce qui permet à un tiers, témoin d'un problème de fonctionnement, de contacter directement l'exploitant.

Ce numéro est également communiqué à tous les acteurs principaux du site en exploitation tel que : les constructeurs, sous-traitants électriques, ENEDIS, SDIS, etc. Tous les appels téléphoniques seront transférés à une personne en charge qui traitera la demande en fonction de la nature de l'événement survenu et sera responsable de prévenir les services de secours dans les 15mn suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'éolienne.

Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS) :

C'est le service compétent à qui l'alerte doit être transmise en cas de nécessité. Ce service va mobiliser les moyens humains et techniques nécessaires en cas d'intervention selon ses propres procédures.

Un travail en amont sera réalisé avec le SDIS concerné par le projet afin d'identifier les informations pratiques du site éolien tel que : identification du parc, nombre et type d'éolienne, localisation de l'installation, des accès possibles, numéro de l'exploitant et des intervenants possibles, etc. afin de garantir les meilleures conditions possibles pour l'intervention des secours (rapidité, mobilisation des bons moyens d'intervention, etc.).

Le SDIS est informé des moyens déjà à disposition dans les éoliennes en cas d'intervention :

- Les extincteurs portatifs à disposition dans la nacelle et en bas de la tour.
- Kit d'évacuation en hauteur par la trappe et palan dans la nacelle.
- La disposition des boutons d'Arrêt d'Urgence dans l'éolienne.

- Numéro du centre de conduite ENEDIS -> couper l'alimentation du Poste de Livraison à distance.

En accord avec le SDIS, des consignes types sont indiquées sur site permettant d'identifier clairement les éléments d'information à donner aux secours lors d'un appel d'urgence, via le numéro 18 (type d'incidence, accident avec personne ou non, incendie, etc.). Ainsi le SDIS sera en mesure de mobiliser les moyens adéquates : pompiers, GRIMP, évacuation en hélicoptère ou tout simplement mise en sécurité du périmètre s'il n'y a pas de possibilité /nécessité d'intervenir dans les éoliennes.

Procédure d'urgence :

Il s'agit d'un document rédigé par le SDIS, en collaboration avec l'exploitant au moment de la mise en service du site, comportant les recommandations d'intervention en fonction du type d'incident. Il s'agit d'un document propre à chaque SDIS.

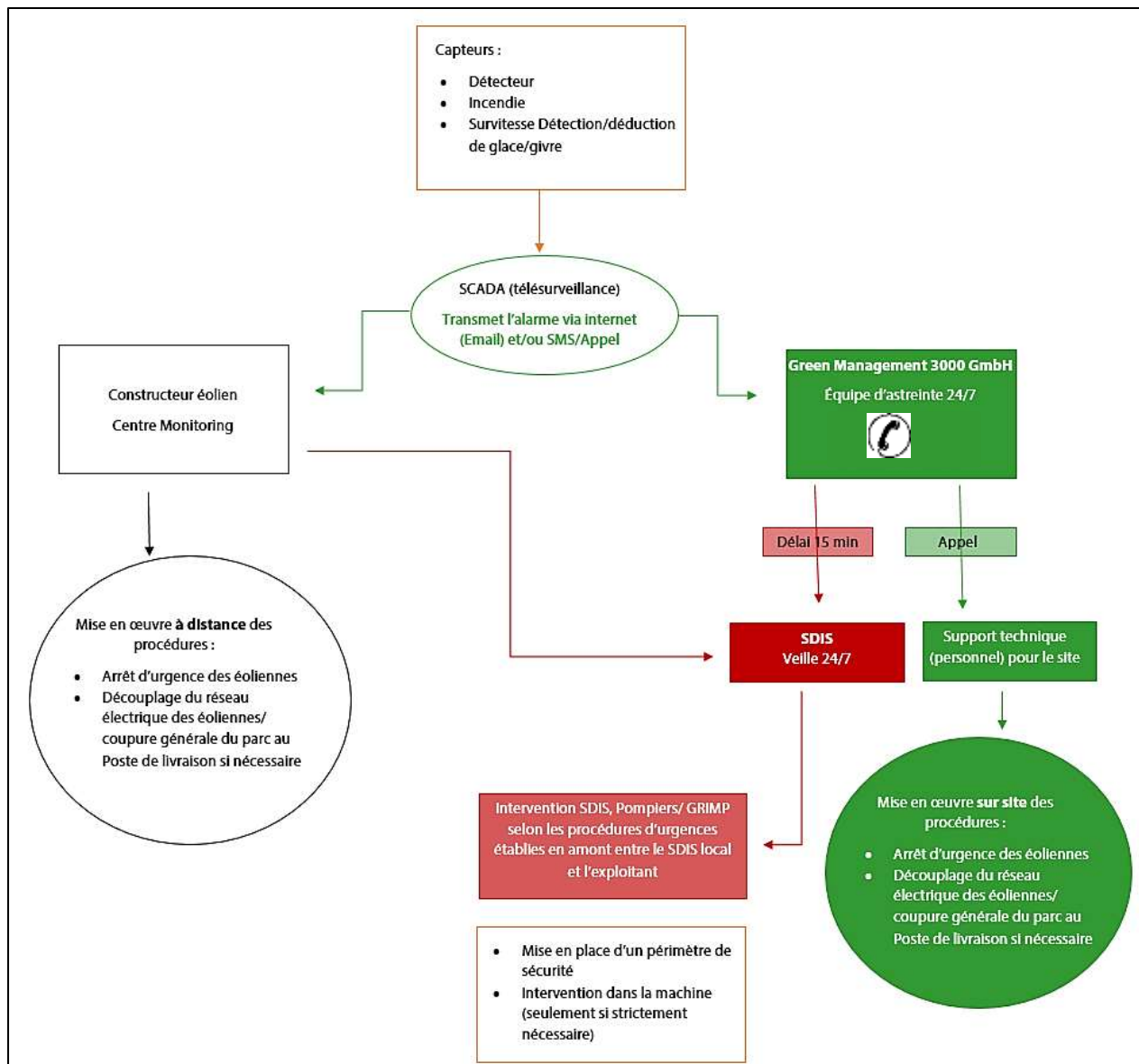


Figure 19 : Procédure type en cas d'urgence (Source : document interne à l'entreprise)

4.2.1.3.5. Mesures de sécurité au niveau des installations

Différentes mesures de sécurité obligatoires et optionnelles, permettant de réduire les risques et les dangers, seront installées au niveau des éoliennes.

Dans un souci de clarté, celles-ci sont détaillées dans le paragraphe 7.6. de ce document.

4.2.1.4. 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 de Fère-Champenoise.

4.2.2. Fonctionnement des réseaux des installations

4.2.2.1. Raccordement électrique

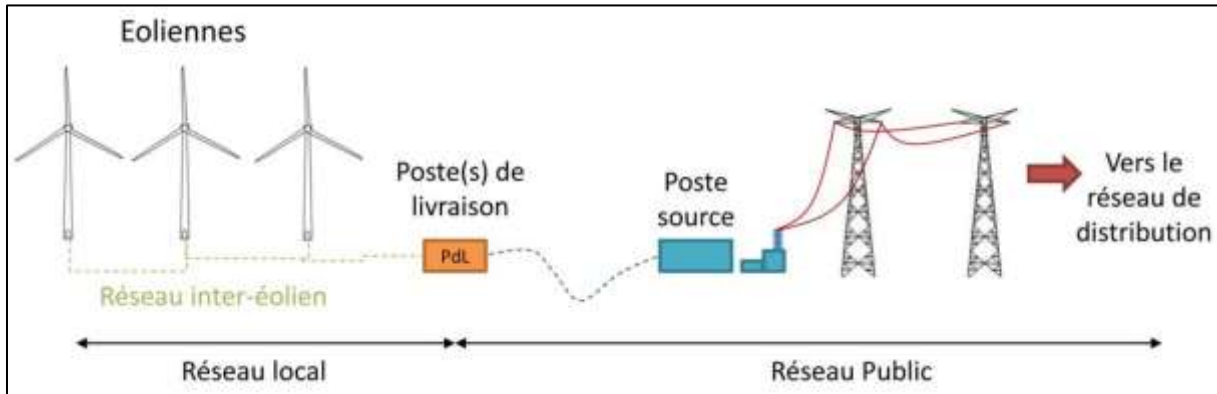


Figure 20 : Raccordement électrique des installations (Source : Vestas)

4.2.2.1.1. Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur 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.

4.2.2.1.2. 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). Dans le cas du parc éolien de Fère-Champenoise, un seul poste de livraison est nécessaire.

La localisation exacte de l'emplacement du poste de livraison dépend de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée. Le poste de livraison du parc éolien de Fère-Champenoise est situé :

Tableau 30 : Données informatives sur le poste de livraison

Demandeur	Commune, lieu-dit	Section / Parcelle	Propriétaire
Société « Energie du Partage 8 »	Fère-Champenoise/Lieu dit l'Étançon	VH 12	GILART Claude

Tableau 31 : Coordonnées géographiques du poste de livraison

Coordonnées géographiques du poste de livraison (international WGS84)

<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>
3°57'36,78" E	48°45'53,52" N

Coordonnées géographiques du poste de livraison (France RGF93)

<i>X</i>	<i>Y</i>
770 576,9	6 852 069,5

Ce poste de livraison sera composé de compteurs électriques, de cellules de protection, de sectionneurs et de filtres électriques. La tension réduite de ces équipements (20 kV) n'entraîne pas de risque magnétique important. Son impact est donc globalement limité à son emprise au sol de 26 m² (10,26 m x 2,53 m)

4.2.2.1.3. Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie le ou les postes de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ENEDIS- anciennement ERDF : Électricité Réseau Distribution France). Il est lui aussi entièrement enterré.

4.2.2.2. Autres réseaux

Le parc éolien de Fère-Champenoise 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 (voir Annexe 8).

4.3. Synthèse – le parc éolien de Fère-Champenoise

Le parc éolien de Fère-Champenoise, sera composé de **4 aérogénérateurs** de type V117-3,3 du fabricant Vestas, ou du fabricant Nordex N117 ou équivalent, **d'un poste de livraison** relié au poste source disponible le plus proche, **d'un réseau de câbles inter-éolien** et **d'un réseau de chemins d'accès** permettant d'accéder aux éoliennes pendant leur construction ainsi que pendant leur exploitation.

D'une puissance nominale de 13,2 MW (S'il est composé d'éoliennes Vestas 117 de 3,3 MW) ou de 12 MW (s'il est composé des éoliennes Nordex 117 de 3 MW), le parc éolien sera maintenu régulièrement sur une période d'au moins 20 ans. Les travaux de construction, de maintenance ou de démantèlement se feront conformément aux réglementations en vigueur. La remise en état initial du site est également assurée.

Les éoliennes seront construites en dehors des zones de contraintes fortes en privilégiant le bord des parcelles, le long des chemins, et toujours en pleine concertation avec les propriétaires et exploitants concernés de façon à ne pas entraver les activités agricoles.

Tableau 32 : Récapitulatif des caractéristiques principales de l'éolienne V117-3,3 (Source : Vestas)

Données d'exploitation	
Puissance nominale	3,3 MW
Vitesse nominale de production	3 m/s
Vitesse de vent minimale nécessaire à la production maximale	11,5 m/s
Vitesse maximale de fonctionnement	25 m/s
La tour	
Hauteur	91,5 m
Nombre de sections	4
Diamètre section basse	Env. 4 m
Diamètre section haute	Env. 3 m
La nacelle	
Longueur	12,8 m
Largeur	5,1 m
Poids total	Entre 130 et 160 t
Le rotor	
Diamètre	117 m
Surface balayée	10 751 m ²
Plage de rotation opératoire	Entre 6,2 et 17,7 tr/min
Les pales	
Longueur	57.15 m
Largeur maximale	4 m
Poids unitaire	13,3 t ± 0,3

5. Identification des potentiels de dangers des installations

L'objectif du point suivant est d'identifier les éléments des installations qui peuvent représenter un danger potentiel ; soit au niveau des éléments qui constituent les éoliennes, soit au niveau des produits contenus dans les installations.

L'analyse suivante, mise à disposition par le constructeur Vestas, est basée sur les Fiches de Données de Sécurité (FDS) des produits, de la nature et des caractéristiques techniques des éoliennes, ainsi que des procédures d'exploitation.

Une FDS représente un formulaire contenant des données relatives aux propriétés d'une substance chimique. La conception des FDS est régie par le règlement européen REACH¹¹ (n° 1907/2006). Ces fiches sont surtout utilisées dans le cadre de la santé et de la sécurité au travail pour les opérateurs utilisant les produits. On y trouve donc des informations sur les propriétés physiques (température de fusion, température d'ébullition, point d'éclair, etc.), la toxicité, les effets sur la santé, les mesures d'aide d'urgence, la réactivité, le stockage, l'élimination, l'équipement de protection nécessaire ainsi que les mesures à prendre en cas d'écoulement accidentel.

5.1. Potentiels de dangers liés aux produits

La consommation de matières premières ou de produits externes n'est pas nécessaire pour la production d'électricité éolienne. De même, l'exploitation d'un parc éolien ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien de Fère-Champenoise sont utilisés pour le bon fonctionnement des machines, leur maintenance et leur entretien. On distingue les :

- Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations (graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour le système de freinage, etc.) qui une fois usagés sont traités en tant que déchets industriels spéciaux ;

¹¹ Registration, evaluation and authorization of chemicals, soit l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des produits chimiques.

- Produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyants, etc.) et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage, etc.).

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.¹²

5.1.1. Inventaire des produits

D'après les données du constructeur Vestas, les seuls produits présents en phase d'exploitation des turbines Vestas sont les suivants :

Tableau 33 : Inventaire des produits présents au sein des turbines Vestas (Source : Vestas)

Produit	Quantité	Marque
Huile hydraulique (circuit haute pression)	250 litres	Huile Texaco-Rando WM 32
Huile de lubrification du multiplicateur	1 000 à 1 200 litres	Mobil Gear SHCXMP 320
Eau glycolée en tant que liquide de refroidissement	400 litres	Mélange d'eau et d'éthylène glycol
Hexafluorure de soufre (SF ₆)	Entre 1,5 kg et 2,2 kg	

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

¹² Compte tenu de la nature et des volumes des produits présents dans les aérogénérateurs, il est autorisé de se limiter ici à une description générale des produits utilisés et des dangers associés. Cependant, il sera nécessaire d'apporter de plus amples détails sur ces produits au moment de la mise en service de l'installation.

5.1.2. Dangers des produits

5.1.2.1. Inflammabilité et comportement vis-à-vis d'incendies

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

Certains produits de maintenance peuvent être inflammables mais ils ne sont amenés dans l'éolienne que pour les interventions et sont repris en fin d'opération (ils ne sont donc que de manière temporaires au niveau des aérogénérateurs).

En revanche, l'Hexafluorure de soufre (SF₆) est ininflammable.

5.1.2.2. Toxicité pour l'homme

Les divers produits listés ne sont pas toxiques pour l'homme et ne sont pas considérés comme corrosifs.

5.1.2.3. Dangereusité pour l'environnement

L'Hexafluorure de soufre possède un potentiel de réchauffement global important, mais les quantités présentes sont très limitées (seulement 1 à 2 kg de gaz dans les cellules de protection).

De plus, même si elles ne sont pas classées comme dangereuses pour l'environnement, les huiles et les graisses peuvent, en cas de déversement sur le sol ou dans les eaux, entraîner une pollution du milieu.

En conclusion, les produits ne présentent pas de réel danger à part en cas d'incendie (comburant potentiel) ou en cas de déversement accidentel dans l'environnement générant alors un risque de pollution des sols ou des eaux. Cependant, la maintenance régulière des installations ainsi que les dispositifs de sécurité des éoliennes permettent d'éviter ce genre d'événements.

Les produits utilisés ne sont donc pas retenus comme source potentielle de danger pour le parc éolien de Fère-Champenoise.

5.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement des installations

Les dangers les plus connus et étudiés liés au fonctionnement d'un parc éolien sont classés en cinq catégories :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 34 : Dangers potentiels liés au fonctionnement du parc éolien (Source : Vestas)²³

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, 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

²³ Il ne faut pas confondre « Danger potentiel » et « Accident redouté ». La notion d'accident est traitée dans l'analyse préliminaire des risques.

5.3. Réduction des potentiels de dangers à la source

5.3.1. Principales actions préventives

5.3.1.1. Choix de l'emplacement des installations

La société Green Energy 3000 GmbH opère de façon méthodique pour le choix du site d'implantation de ces parcs éoliens. Il en va de même pour le choix définitif du concept d'implantation en lui-même. Le potentiel éolien mais également la recherche de zones hors contraintes et enjeux sont entre autres des critères de choix déterminants.

Ainsi, comme le montre l'analyse de l'environnement du site d'implantation :

- L'ensemble des distances réglementaires, vis-à-vis des zones urbanisées, des ERP, des ICPE ainsi que des autres activités, sont respectées. Il n'y a donc aucun enjeu en ce qui concerne l'environnement humain par rapport au projet ;
- L'ensemble des distances réglementaires, vis-à-vis des voies de communication et des réseaux publics et privés, sont respectées. Aucun autre ouvrage public n'est situé dans la zone d'étude. Il n'y aura donc aucun enjeu particulier pour le projet en ce qui concerne l'environnement matériel ;
- L'analyse de l'environnement physique, c'est-à-dire du contexte climatique et des risques naturels, n'a montré aucun enjeu majeur. D'après le DDRM de la Marne, la commune de Fère-Champenoise n'est concernée par aucun risque naturel (et technologique) significatif. Elle n'est située qu'en zone de sismicité 1. Par ailleurs, le site choisi pour l'implantation des éoliennes du futur parc éolien de Fère-Champenoise est idéal quant aux vitesses de vent.

Le choix d'un site d'implantation présentant peu de risques et hors contraintes permet donc de réduire fortement les potentiels de dangers en amont de la conception du projet.

5.3.1.2. Choix des caractéristiques des éoliennes

Au cours de la construction du premier parc éolien en France de Green Energy 3000 GmbH à Saulces-Champenoises et du développement des parcs prochainement en construction sur les communes de Pauvres et de Villers-Le-tourneur, Vestas s'est révélé être un partenaire de premier choix. Sa fiabilité et ses performances garantissent un bon suivi du projet en partenariat avec le développeur, une construction, une mise en service ainsi qu'une maintenance des éoliennes de qualité et respectueuse de l'environnement. Les plans et offres de démantèlement fournis sont également d'une clarté rassurante. Vestas utilise par ailleurs des technologies novatrices, confortées par des dizaines d'années d'expériences, qui proposent de nombreuses solutions de réduction des risques et des impacts liés à la mise en service d'éoliennes (cf. point 7.6. et étude d'impacts). Les aérogénérateurs du fabricant sont donc réputés fiables, performants et sécurisés.

Le choix des éoliennes ne dépend pas que de la fiabilité du fabricant, mais aussi et principalement de la technologie productrice de l'énergie éolienne. Le choix de la V117-3,3 ou de la N117 se base également sur le type de classes de vent pronostiquées sur le site. Par ailleurs, une connaissance de la géomorphologie et de l'hydrogéologie de la région et du site participent au choix des aérogénérateurs.

5.3.1.3. Substitution des produits par des produits moins dangereux et réduction des quantités

Les produits présents sur chaque éolienne (huile, fluide de refroidissement) sont des produits classiques utilisés dans ce type d'activité.

Ils ne présentent pas de caractère dangereux marqué et les quantités mises en œuvre sont adaptées aux volumes des équipements.

L'Hexafluorure de soufre (SF6) est un très bon isolant et ne dispose pas à ce jour de produit de substitution présentant des qualités équivalentes. De plus, malgré son caractère de gaz à effet de serre, il ne présente pas de danger pour l'homme (inflammable et non toxique). Il n'est donc pas prévu de solution de substitution.

5.3.1.4. Substitution des équipements

Les dangers des équipements sont principalement dus au caractère mobile de ceux-ci (pièces en rotation) et à leur situation (à plusieurs dizaines de mètres au-dessus du sol). Ceci peut entraîner des chutes ou des projections de pièces au sol.

Un autre danger est lié à la présence d'installations électriques avec des tensions élevées (jusqu'à 35 000 volts dans un aérogénérateur Vestas), dont le dysfonctionnement peut être à l'origine d'incendies.

Les équipements qui constituent à ce jour l'éolienne sont tous indispensables à son fonctionnement. Il n'est donc pas possible à priori de les substituer.

Toutefois, depuis les débuts du développement de l'éolien, des évolutions technologiques ont permis de mettre en place des équipements plus performants en termes d'optimisation des rendements et de diminution des risques :

- Remplacement de pales métalliques par des pales en matériaux composites, plus légères et moins sujettes aux phénomènes de fatigue ;
- Dispositif d'orientation des pales permettant de fonctionner par vent faible et de diminuer les contraintes par vent fort ;
- Dispositif aérodynamique d'arrêt en cas de survitesse ;
- Dispositifs de surveillance des dysfonctionnements électriques (détecteur d'arcs notamment).

Ces évolutions se poursuivent toujours afin d'améliorer la sécurité.

5.3.2. 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.

6. Analyse des retours d'expérience – Accidentologie

L'objectif de ce chapitre est de rappeler les différents incidents et accidents qui sont survenus dans la filière éolienne, afin d'en faire une synthèse en vue de l'analyse des risques pour l'installation et d'en tirer des enseignements pour une meilleure maîtrise du risque dans les parcs éoliens.

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.

6.1. Inventaire des accidents et incidents survenus en France

Ci-après a été réalisé un inventaire des incidents et accidents survenus en France, afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le futur parc éolien de Fère-Champenoise. 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 3). 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'aérogénérateurs 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 donc présentés :

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

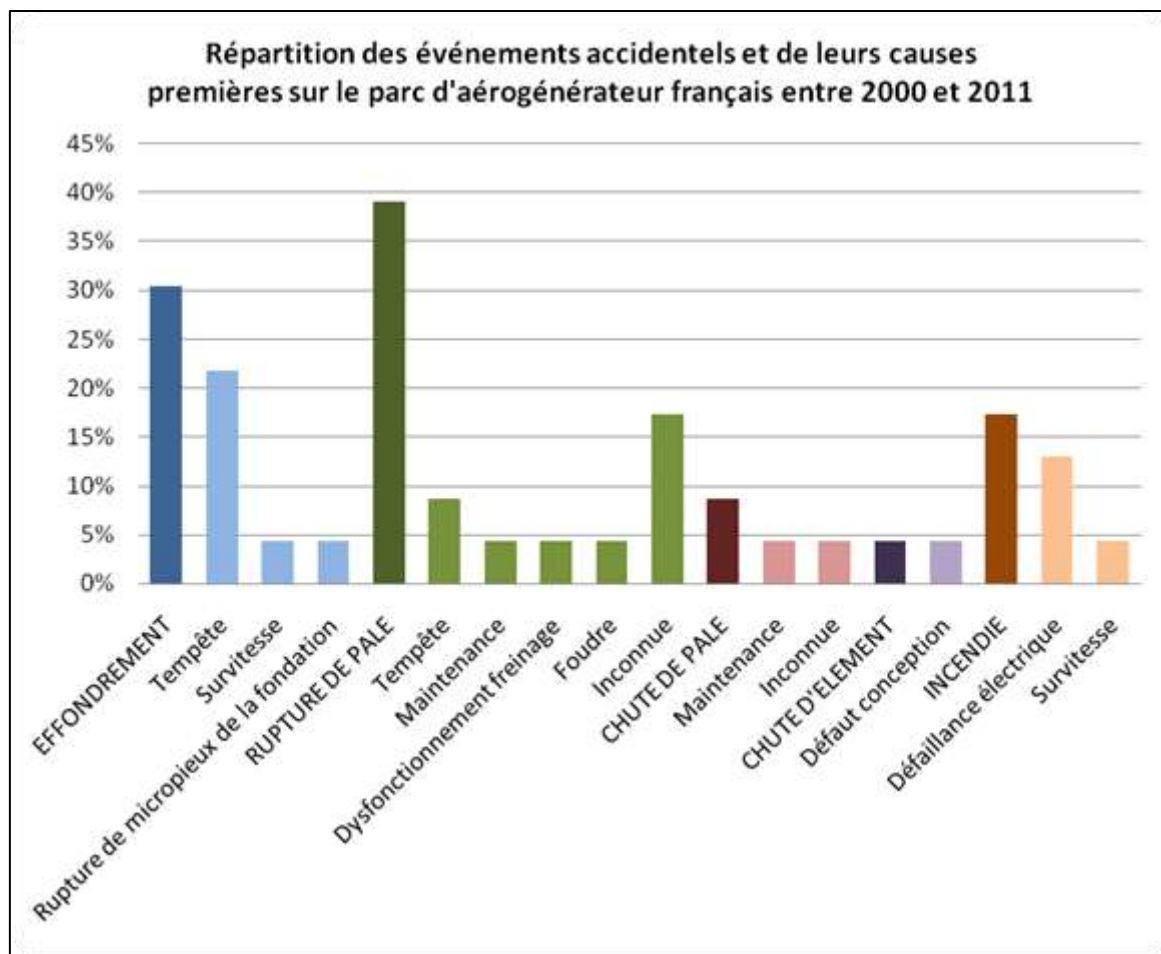


Figure 21 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (Source Guide technique élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens- mai 2012)

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont donc 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.

6.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international

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

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

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

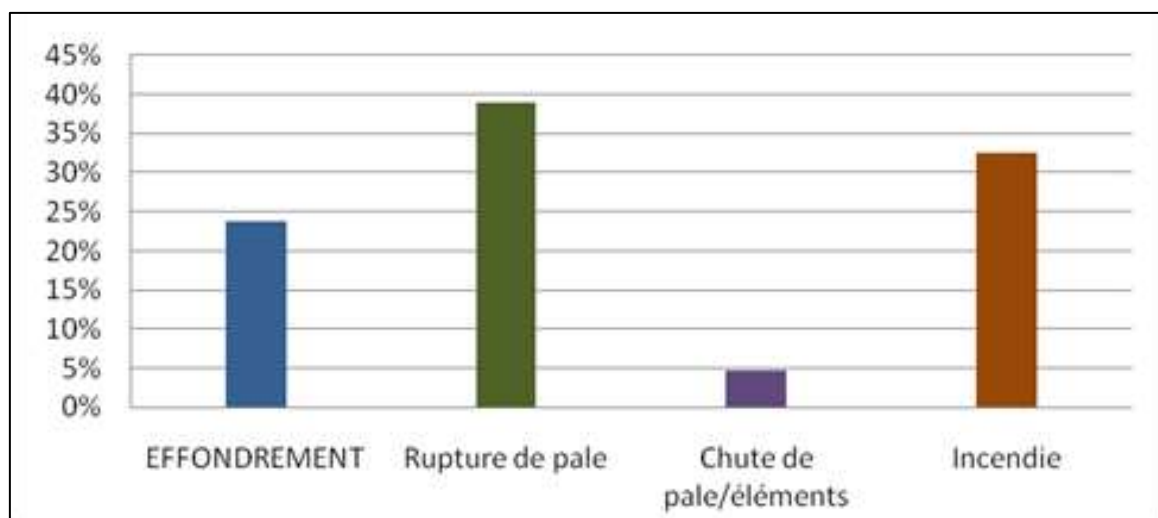


Figure 22 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

(Source Guide technique élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens- mai 2012)

Les graphiques ci-après recensent les causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

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.

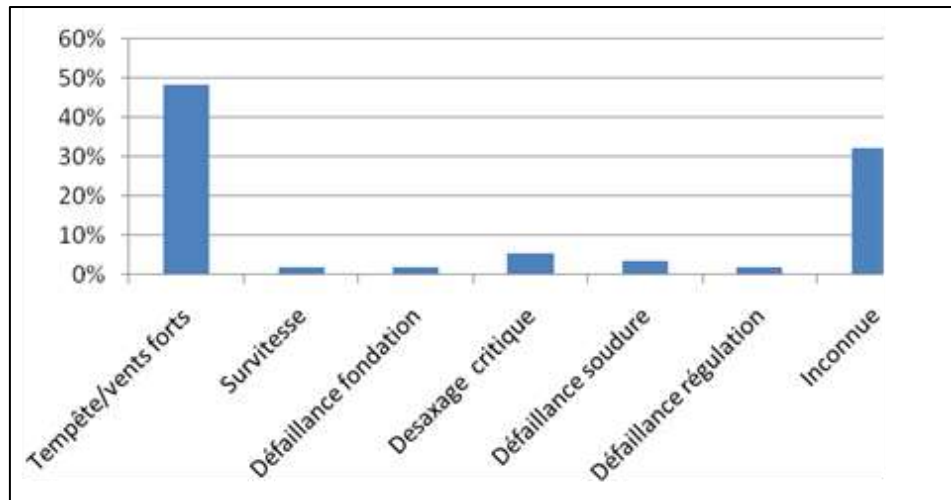


Figure 23 : Répartition des causes premières d'effondrement

(Source Guide technique élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens- mai 2012)

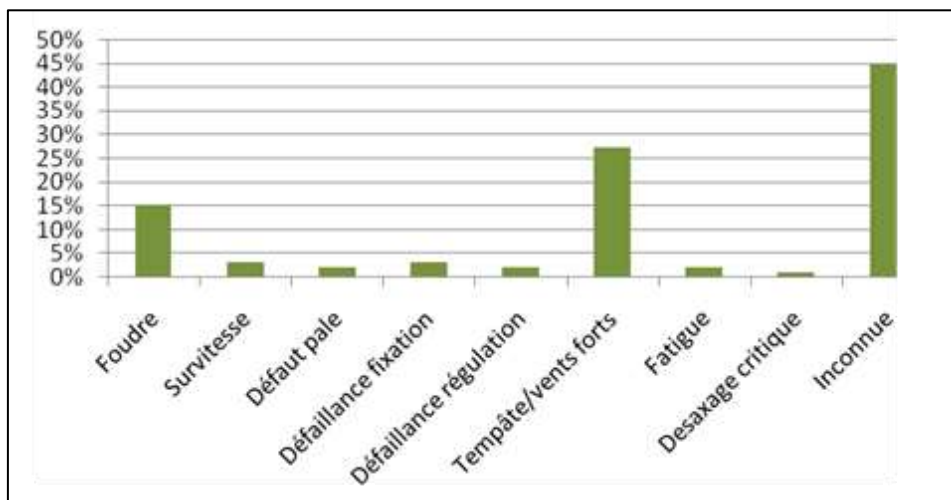


Figure 24 : Répartition des causes premières de rupture de pale

(Source Guide technique élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens- mai 2012)

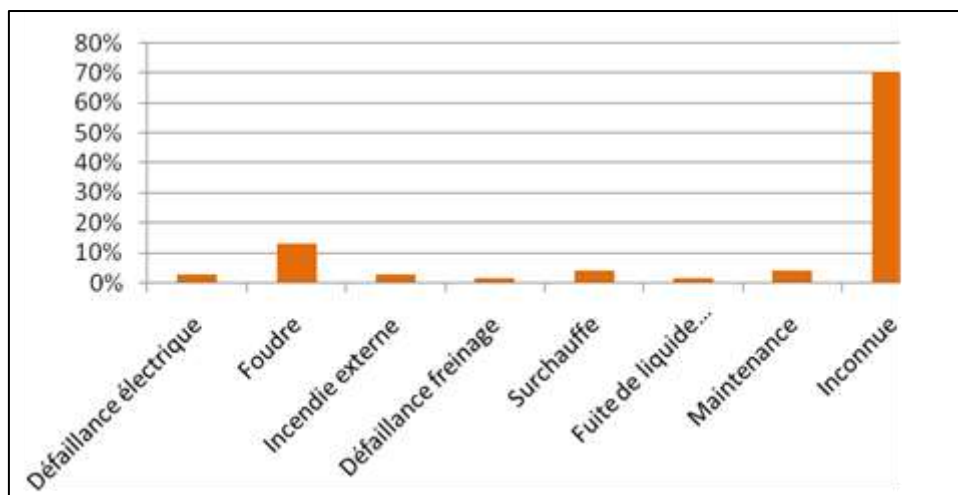


Figure 25 : Répartition des causes premières d'incendie

(Source Guide technique élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens- mai 2012)

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

La société Green Energy 3000 GmbH exploite depuis 2014 un parc éolien sur la commune de Saulces-Champenoises. Deux autres parcs ont obtenus leur arrêté d'autorisation en 2017 sur les communes de Pauvres et Villers-Le-Tourneur et seront prochainement en construction. Aucun accident majeur n'est survenu sur les installations du parc éolien de l'Energie du Partage (commune de Saulces-Champenoises) en exploitation depuis fin octobre 2014.

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

6.4.1. Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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.

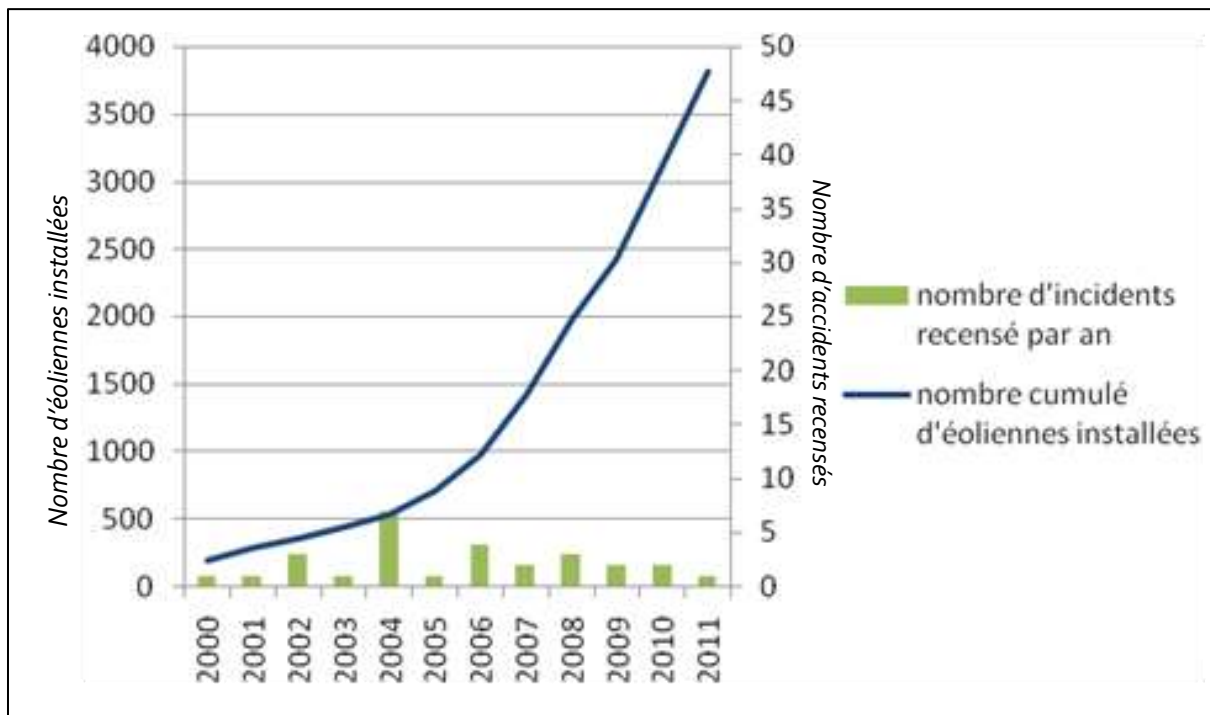


Figure 26 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et du nombre d'éoliennes installées

(Source Guide technique élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens- mai 2012)

6.4.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

6.5. Limites d'utilisation de l'accidentologie

Les retours d'expérience décrit ci-dessus 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.

7. Analyse préliminaire des risques

7.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques

L'analyse préliminaire 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. Pour cela, tous les scénarios d'accident potentiels ainsi que leur causes, les conséquences possibles de ces événements et les mesures de sécurités existantes seront analysés.

Ces scénarios d'accident sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences. Cela permet de différencier les accidents qui ont des conséquences limitées et les accidents majeurs qui peuvent avoir des conséquences sur les personnes.

7.2. Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

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

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

Par ailleurs, 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.

7.3. Recensement des agressions externes potentielles

La première étape de l'analyse des risques consiste à recenser les agressions externes potentielles. Ces agressions, provenant d'une activité ou de l'environnement extérieur, peuvent être des événements susceptibles d'endommager ou de détruire les aérogénérateurs de manière à initier un accident, qui pourrait à son tour impacter des personnes.

7.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines

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

Tableau 35 : Synthèse des principales agressions externes liées aux activités humaines.

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Distance de sécurité minimale	Distance par rapport au mât des éoliennes			
					F1	F2	F3	F4
Voie de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Plus d'un kilomètre de la route départementale D43 et de la route nationale N4			
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 000 m	Plus de 13 km de l'aérodrome de Sézanne - Saint-Rémy, 51120 Saint-Remy-Sous-Broyes			
Gazoduc	Transport de gaz	Chute d'aéronef	Risque d'endommagement des canalisations	300 m	596	572	554	552
Oleoduc	Transport de pétrole	Chute d'aéronef	Risque d'endommagement des canalisations	600 m	1830	1740	1660	1530
Ligne HTB	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	Distance imposée par la RTE (cf. Courrier RTE du 06 décembre 2019)	170	169	168	167
Parc éolien de Fèreole	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Plus de 4 Km du parc éolien existant			
Voix ferrée	Circulation de trains	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	200m	1430	1380	1340	1210

Pour conclure les aérogénérateurs du futur parc éolien de Fère-Champenoise se situent donc à des distances à partir desquelles les différentes activités considérées ne constituent pas un agresseur potentiel pour le projet. De plus aucune autre agression externe potentielle n'a été identifiée au niveau de la zone d'étude.

7.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Tableau 36 : Synthèse des principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	D'après les données Météo France de la station Reims-Courcy, la rafale de vent maximale enregistrée est de 42 m/s (soit 151,2 km/h) en 1999.
Foudre	L'ensemble des aérogénérateurs respectent la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305 – 3 (Décembre 2006)
Glissement de sols / Affaiblissement miniers	Pas applicable dans le cadre du futur projet éolien de Fère-Champenoise

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 énoncées de manière détaillée au paragraphe 7.6. présentant les mesures de sécurité mises en place aux niveaux des éoliennes.

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.

7.4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

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

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

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

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

Les différents scénarios listés ci-après sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événements redoutés centraux, identifiés grâce au retour d'expérience du groupe de travail précédemment cité :

- « G » pour les scénarios concernant la glace ;
- « I » pour ceux concernant l'incendie ;
- « F » pour ceux concernant les fuites ;
- « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne ;
- « P » pour ceux concernant les risques de projection ;
- « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement.

Tableau 37 : Analyse des scénarios d'accidents

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	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	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	Impact de glace sur les enjeux	2
lo1	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
lo2	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
lo3	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques Prévenir la survitesse	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
lo4	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	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
lo5	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits Protection et intervention incendie)	Incendie poste de livraison (<i>flux thermiques + fumées toxiques SF6</i>) Propagation de l'incendie	2
lo6	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits Protection et intervention incendie	Incendie poste de livraison (<i>flux thermiques + fumées toxiques SF6</i>) Propagation de l'incendie	2
lo7	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
Fo1	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	Pollution environnement	1

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
Fo2	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites	Pollution environnement	1
Co1	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance	Impact sur cible	1
Co2	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)	Impact sur cible	1
Co3	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)	Impact sur cible	1
Po1	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse	Impact sur cible	2
Po2	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	Impact sur cible	2
Po3	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)	Impact sur cible	2
Eo1	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)	Projection/chute fragments et chute mât	2
Eo2	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)	Projection/chute fragments et chute mât	2
Eo3	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)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
Eo4	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	Chute fragments et chute mât	2
Eo5	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort. 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	Projection/chute fragments et chute mât	2
Eo6	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	Projection/chute fragments et chute mât	2
Eo7	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) Prévenir les erreurs de maintenance	Projection/chute fragments et chute mât	2

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

7.5. Effets dominos

Lorsque se produit un accident majeur sur une éolienne, il est possible que les effets de cet accident endommagent d'autres installations. Ces dommages peuvent conduire à un autre accident. Ce phénomène est appelé « **effet domino** ».

Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques 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 ».

Puisqu'il n'existe pas d'autres installations ICPE dans la zone d'étude considérée dans le cadre de l'étude de dangers pour le parc éolien de Fère-Champenoise, les conséquences des effets dominos ne seront pas analysées dans le cadre de la présente étude.

7.6. Mise en place des mesures de sécurité

L'étape suivante de l'analyse préliminaire des risques consiste à identifier les mesures de sécurité qui seront installées sur les éoliennes ou au niveau du parc éolien de Fère-Champenoise, afin de prévenir et/ou de limiter les phénomènes potentiellement dangereux.

Les tableaux suivants synthétisent les fonctions de sécurité qui seront installées pour le parc planifié. Celles-ci sont détaillées selon les critères suivants :

- **La fonction de sécurité ;**
- **Le numéro de la fonction de sécurité** (visant à simplifier la lecture de l'étude de dangers grâce à des renvois à l'analyse de risque) ;
- **Les mesures de sécurité ;**
- **La description des mesures de sécurité ;**
- **L'indépendance** : 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 ») ;
- **Le temps de réponse**, qui mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité, afin de vérifier si la mesure de maîtrise des risques agira à temps pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs.
- **L'efficacité de la mesure de sécurité ;**
- **La fréquence des tests/essais** qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques ¹⁴
- **La fréquence de la maintenance**, c'est-à-dire la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps.

¹⁴ NB : 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.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-a
Mesures de sécurité	Système de déduction de la formation de glace.		
Description	Ce système Vestas déduit la formation de glace sur les pales à partir des données de température et de rendement de l'éolienne (l'accumulation de glace alourdit les pales et diminue le rendement de la turbine). Une configuration du système SCADA permet d'alerter les opérateurs par un message type « Ice Climate ». Une mise à l'arrêt est ensuite effectuée de manière automatique ou manuelle, selon le type de contrat. Les procédures de redémarrage sont définies par l'exploitant.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Mise à l'arrêt de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive		
Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-b
Mesures de sécurité	Système de détection de glace sur la nacelle.		
Description	Ce système Vestas est composé d'une sonde vibratoire installée sur la nacelle, permettant d'alerter les opérateurs dès que l'accumulation de glace dépasse un certain niveau. Ce dispositif détecte la formation de glace sur la nacelle, et donc par déduction sur les pales. Lorsqu'il y a détection, la mise à l'arrêt de la turbine est automatique ou manuelle, après vérification de la glace formée, selon le type de configuration demandé. Le redémarrage de l'installation n'est effectué que lorsque la sonde a détecté la disparition de cette accumulation de glace et après un contrôle visuel d'un opérateur.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Le système de détection est supervisé par les contrôleurs de la machine. Un warning est envoyé via le SCADA en cas de défaut => maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		
Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-c
Mesures de sécurité	Système de détection de glace sur les pales, développé par un fabricant spécialisé		
Description	Ce dispositif est constitué de capteurs de température et d'accéléromètres installés sur les pales et reliés à un serveur de collecte des données. Le dispositif est alors couplé avec le système SCADA qui met la turbine à l'arrêt en cas de détection de formation de glace sur les pales. Le redémarrage de l'installation n'est effectué que lorsque les capteurs signalent la disparition de glace sur les pales et après un contrôle visuel d'un opérateur.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		

Efficacité	100 %		
Tests	Testé à la mise en service. Surveillance continue des données, via le serveur du fabricant. Déviation des fréquences des pales supervisées en permanence.		
Maintenance	Vérification annuelle conformément au manuel du fabricant.		
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2-a
Mesures de sécurité	Système de dégivrage des pales.		
Description	Ce système fonctionne par pulsation d'air chaud sur les pales. Le système de chauffage est couplé avec le système de déduction de la formation de glace. (Voir cas 1-a)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse			
Efficacité			
Tests			
Maintenance			
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2-b
Mesures de sécurité	Signalisation du risque en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux de signalisation en pied de machine informant du risque de chute de glace (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		
Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Sondes de température sur pièces mécaniques Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.		
Description	Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.		

Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de température de chaque capteur (comparaison avec les données des autres éoliennes du parc). Remplacement de la sonde de température en cas de dysfonctionnement de l'équipement. 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.		
Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-a
Mesures de sécurité	Détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle.		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 25 m/s. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales (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). Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'inclinaison des pales « Vestas Pitch System ».		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min L'exploitant et l'opérateur désignés seront 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. Les services de maintenance et d'urgence devront être informés par les services de suivi technique désignés pour transmettre l'alerte aux services d'urgence.		
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. Tests à chaque maintenance préventive.		
Maintenance	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-b
Mesures de sécurité	Détection de survitesse du générateur		
Description	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. Si la vitesse de rotation est supérieure à la vitesse d'alarme, l'éolienne est considérée comme étant en survitesse et est donc mise à l'arrêt.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde, mise en pause de la turbine < 1 min L'exploitant et l'opérateur désignés seront 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. Les services de maintenance et d'urgence devront être informés par les services de suivi technique désignés pour transmettre l'alerte aux services d'urgence.		
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. Tests à chaque		

	maintenance préventive (tous les ans).		
Maintenance	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-C
Mesures de sécurité	Vestas Overspeed Guard » (VOG)		
Description	En complément aux capteurs de mesure de vitesse, un système instrumenté de sécurité est présent (automate totalement indépendant de l'automate de conduite utilisé pour la fonction 4-b), et dispose d'un capteur de vitesse de rotation disposé sur l'arbre lent. Le dépassement d'une vitesse de 17 tours par minute sur l'arbre lent conduit à la mise à l'arrêt de la machine par mise en drapeau des pales (cette mise en drapeau est assurée par le circuit hydraulique avec l'assistance complémentaire des accumulateurs disposés sur les vérins). En cas d'arrêt par survitesse (déclenchement du VOG), l'éolienne ne peut pas être redémarrée à distance. Il est nécessaire de venir acquitter localement le défaut et d'effectuer un contrôle de la machine avant de relancer l'éolienne.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 min Le couplage du système de détection de survitesse au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'exploitant sera ainsi 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 à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Lors de la mise en service de l'aérogénérateur, une série de tests (arrêts simples, d'urgence et de survitesse) est réalisée afin de s'assurer du fonctionnement et de la sécurité de l'éolienne conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas. Maintenance conforme aux dispositions des articles 15 et 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques).		
Description	Outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans les nacelles Vestas (qui abritent les divers jeux de barres), sont équipées de détecteurs d'arc électrique. Ce système de capteurs photosensibles a pour objectif de détecter toute formation d'un arc électrique (caractéristique d'un début d'amorçage) qui pourrait conduire à des phénomènes de fusion de conducteurs et de début d'incendie. Le fonctionnement de ces détecteurs commande le déclenchement de la cellule HT située en pied de mât, conduisant ainsi à la mise hors tension de la machine. La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut.		
Indépendance	Oui		

Temps de réponse	50 millisecondes		
	Le couplage du système de détection d'arc électrique avec le système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'envoi des alertes se fera probablement par e-mail. Le mode d'envoi est précisé au moment de la négociation du contrat de maintenance.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	Les installations électriques font l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011. Ce contrôle donne lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé. Des vérifications de tous les équipements électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrés dans le manuel de maintenance préventive Vestas.		
Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.		
Description	Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, les pales sont les éléments les plus sensibles à la foudre. Des pastilles métalliques en acier inoxydable permettant de capter les courants de foudre sont disposées à intervalles réguliers sur les deux faces des pales. Elles sont 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 – Lightning Current Transfer 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. L'aérogénérateur peut être équipé en option de « copper cap », c'est à dire d'un habillage de l'extrémité de la pale d'une plaque de cuivre qui améliore le captage de l'arc de foudre et assure ainsi une meilleure protection de la pale. Ces options sont détaillées précisément lors de la négociation du contrat supply vestas		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat, dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.		
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	1. Sondes de température sur pièces mécaniques. Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils		

	d'alarme. 2. Système de détection incendie		
Description	1. Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor. 2. Les éoliennes sont équipées par défaut d'un système autonome de détection composé de plusieurs capteurs de fumée et de chaleur disposés aux possibles points d'échauffements tels que : <ul style="list-style-type: none"> - La chambre du transformateur - Le générateur - La cellule haute tension - Le convertisseur - Les armoires électriques principales - Le système de freinage. En cas de détection, une sirène est déclenchée, l'éolienne est mise à l'arrêt en « emergency stop » et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât. De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande. Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secours (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).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. Le mode d'envoi des alertes se fera par SMS et e-mail. L'exploitant sera ainsi 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 à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100%		
Tests	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	Contrôle tous les ans du système de détection incendie pour être conforme à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2012 Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé. Maintenance prédictive sur les capteurs de température.		
Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	1. Détecteurs de niveau d'huile et capteurs de pression 2. Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation) 3. Procédure d'urgence 4. Kit anti-pollution 5. Bacs de rétention		

Description	<p>1. Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale) permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. Toute baisse de pression au-dessous d'un seuil préalablement déterminé, conduit au déclenchement de l'arrêt du rotor (mise en drapeau des pales). Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pales en cas de perte du groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique (situé au plus près du vérin de pale) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pale.</p> <p>La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne.</p> <p>Les niveaux d'huile sont surveillés d'une part au niveau du multiplicateur et d'autre part au niveau du groupe hydraulique. L'atteinte du niveau bas sur le multiplicateur ou sur le groupe hydraulique, déclenche une alarme et conduit à la mise à l'arrêt du rotor.</p>	
	<p>2. Le circuit de refroidissement (eau glycolée) est équipé d'un capteur de niveau bas, qui en cas de déclenchement conduit à l'arrêt de l'éolienne.</p>	
	<p>3. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange.</p> <p>Une procédure Vestas en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs.</p>	
	<p>4. En cas de fuite, les véhicules de maintenance Vestas sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; • d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...); • de récupérer les déchets absorbés. <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, Vestas se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.</p>	
	<p>5. Des bacs de rétention empêchent l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes cas de fuite importante. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle.</p>	
	Indépendance	Oui
	Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min
	Efficacité	100%
	Tests	Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas. Dépendant du débit de fuite.
	Maintenance	Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié.

	Surveillance des niveaux d'huile via des outils d'analyses instantanées ou hebdomadaires. Inspection et maintenance curative en fonction du type de déclenchement d'alarme.		
Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différents assemblages de structure (ex : brides, joints, etc.) Procédures et contrôle qualité		
Description	<p>La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne.</p> <p>Vestas remet à chacun de ses clients, un document « Type certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005). Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent aux standards IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400 -1 ; 12 ; 23.</p> <p>De plus, des organismes compétents externes, mandatés par l'exploitant du parc, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation.</p> <p>L'article R111-38 du code de la construction et de l'habitation fait référence au contrôle technique de construction. Il est obligatoire, à la charge de l'exploitant et réalisé par des organismes agréés par l'État. Ce contrôle assure la solidité des ouvrages ainsi que la sécurité des biens et des personnes.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Le plan de maintenance Vestas prévoit le contrôle des brides de fixation, des brides de mât, des fixations des pales et le contrôle visuel du mât trois mois puis un an après la mise en service industrielle puis tous les trois 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 de maintenance.		
Description	Préconisation du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		
Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	<p>1. Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées.</p> <p>2. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas</p> <p>3. CMS.</p> <p>Les différentes options seront définies précisément lors de la négociation du contrat supply.</p>		
Description	1. Ce point est détaillé dans le chapitre dédié aux maintenances planifiées.		

	<p>2. L'intégralité des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas est suivie et enregistrée dans une base de données unique. Ces données sont traitées par des algorithmes en permanence afin de détecter, au plus tôt, les dégradations des équipements. Lorsqu'elle est nécessaire, une inspection de l'équipement soupçonné de se dégrader est planifiée. Les algorithmes de détection et de génération d'alarmes sont en amélioration continue.</p> <p>3. Présence d'un Condition Monitoring System (CMS) qui permet de suivre par une analyse vibratoire continue, l'état des éléments roulants de la chaîne cinématique du rotor, de l'arbre lent, du multiplicateur, de la génératrice et de leur environnement.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Entre 12 heures et 6 mois selon le type de dégradation		
Efficacité	NA		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		
Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	<ol style="list-style-type: none"> 1. Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents 2. Mise à l'arrêt sur détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle 3. Option « Yaw backup System » 		
Description	<ol style="list-style-type: none"> 1. En France, la classification de vents des éoliennes fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». Les éoliennes Vestas sont dimensionnées pour chacune de ces classes. Il est donc important de faire correspondre la classe du site avec la classe de la turbine 2. Les éoliennes sont mises à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 25 m/s. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales. Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales « Vestas Pitch System ». 3. En fonction de l'intensité attendue des vents, il est possible d'ajouter en option le « Yaw backup System ». Ce système maintient la turbine face au vent même en cas de coupure du réseau électrique. 		

Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise drapeau des pales < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.		
Maintenance	Tous les ans.		
Fonction de sécurité	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention	N° de la fonction de sécurité	14
Mesures de sécurité	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspections visuelles régulières sur site 2. Vérification quotidienne des capteurs et des données de production 3. Redémarrage des installations sur site 		
Description	<ol style="list-style-type: none"> 1. Les inspections sont menées régulièrement afin de pouvoir observer le bon fonctionnement et l'usure des installations. L'objectif est de juger s'il est nécessaire de faire une intervention de maintenance, qu'elle soit préventive ou bien curative. 2. Les vérifications quotidiennes à distance permettent de pouvoir observer le bon fonctionnement des installations. Une différence entre les valeurs des données de production par rapport aux vitesses de vent peut indiquer un défaut non détecté par les capteurs, nécessitant donc une inspection visuelle sur site. 3. L'exploitant peut être appelé à faire un redémarrage des installations sur site en cas de défaillance du contrôle à distance. 		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Entre 1 heure et 6 mois en fonction de la gravité de la situation		
Efficacité	NA		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

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

7.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

Grâce à l'analyse d'accidentologie, les retours d'expérience ainsi que l'analyse préliminaire des risques, les scénarios suivants peuvent être retenus en vue de l'analyse détaillée des risques :

- Effondrement de l'éolienne ;
- Chute de glace ;
- Chute d'éléments de l'éolienne ;
- Projection de pales ou de fragments de pales ;
- Projection de glace.

Les scénarios ci-après seront exclus de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Tableau 38 : Scénarios à exclure de l'étude détaillée des risques

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	<p>En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.</p> <p>Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.</p>
Incendie du poste de livraison	<p>En cas d'incendie de cet élément, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)</p>

Nom du scénario exclu

Justification

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.

En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.

Infiltration d'huile dans le sol

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.

Ces scénarios regroupent plusieurs causes et séquences d'accident. En estimant la probabilité, la gravité, la cinétique et l'intensité de ces événements, il est possible de caractériser les risques pour toutes les séquences d'accidents pouvant se produire sur le futur parc éolien de Fère-Champenoise.

8. Analyse détaillée des risques

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les risques (des scénarios retenus précédemment) liés à la mise en service du parc éolien de Fère-Champenoise (en termes de probabilité, cinétique, intensité et gravité) et d'évaluer les mesures de maîtrise et de réduction de ces risques. L'analyse détaillée permet donc de vérifier l'acceptabilité des risques potentiels générés par l'installation.

8.1. Rappel des définitions

8.1.1. Cinétique

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

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

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

8.1.2. Intensité

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils. Les seuils proposés par l'arrêté du 29 septembre 2005 ne sont pas adaptés aux accidents générés par l'utilisation d'aérogénérateurs (chute d'éléments, projection de glace ou de pale, effondrement de la machine etc.). C'est pourquoi, pour chaque événement accidentel potentiel retenu, des degrés d'exposition ont été calculés :

Tableau 39 : Intensité et degré d'exposition

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

NB : 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.

8.1.3. Gravité

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 (Annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005).

Tableau 40 : Détermination de la gravité d'un risque

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

8.1.4. Probabilité

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

Tableau 41 : Classes de probabilité utilisée pour caractériser les risques

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

Par ailleurs, conformément à [l'arrêté du 29 septembre 2005](#), 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).

La méthode de comptage des personnes, établie par les réglementations en vigueur, pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne est présentée en annexe 2 de cette même étude de danger.

8.2. Caractérisation des scénarios retenus

8.2.1. Effondrement de l'éolienne

8.2.1.1. Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à la **surface circulaire de rayon égal à la hauteur hors tout totale H de l'éolienne en bout de pale**, soit 150 mètres dans le cas des éoliennes V117-3,3.

La zone d'effet pour une éolienne du projet est donc :

$$ZE = \pi \times H^2$$

$$ZE = \pi \times 150^2 = 70\,686 \text{ m}^2$$

Les risques d'atteinte d'une personne ou d'un bien en dehors de cette zone d'effet sont négligeables et n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

Dans le cas du scénario d'effondrement de l'éolienne, les zones d'effet sont exclusivement composées de champs agricoles et de chemins agricoles (voir carte suivante). La [circulaire du 10 mai 2010](#) relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers, indique que les champs agricoles correspondent à des terrains non aménagés et très peu fréquentés (on compte alors 1 personne par tranche de 100 hectares) et que les chemins agricoles correspondent à des terrains aménagés mais peu fréquentés (on compte alors 1 personne par tranche de 10 hectares).

Dans le cadre du projet éolien de Fère-Champenoise on comptabilise donc aux niveaux des différentes zones d'effet pour le scénario d'effondrement de l'éolienne¹⁵ :

Tableau 42 : Nombre de personnes permanentes exposées dans le cadre du scénario de l'effondrement de l'éolienne

ZE des éoliennes	Champs agricoles		Chemins agricoles		Total des personnes permanentes exposées dans la zone d'effet
	Ha	Nb de personnes permanentes exposées	Ha	Nb de personnes permanentes exposées	
F1	7,07	0,07	0	0	0,07
F2	7,07	0,07	0	0	0,07
F3	7,07	0,07	0,05	0,005	0,07
F4	7,07	0,07	0	0	0,07

¹⁵ Les calculs sont réalisés de manière conservatrice en arrondissant toujours les unités vers le haut



8.2.1.2. Intensité

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

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

Tableau 43 : Intensité de l’effondrement d’une l’éolienne

Hauteur de moyeu	Zone d’impact en m ²	Zone d’effet du phénomène étudié en m ²	Degré d’exposition du phénomène en %	Intensité
H	$ZI = H \times L + 3 \times R \times LB/2$	$ZE = \pi \times H^2$	$d = ZI/ZE$	
91,5	690	70 686	0,98 %	Exposition modérée

R correspond à la longueur de pale (**57 mètres** pour la V117-3,3),

H correspond à la hauteur totale en bout de pale (**150 mètres** pour la V117-3,3),

LB correspond à la largeur maximale de la pale (**4 mètres** pour la V117-3,3)

L correspond à la largeur moyenne du mât (**3,8 mètre** pour la V117-3,3).

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

8.2.1.3. Gravité

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

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

- Plus de 1 000 personnes exposées → « gravité désastreuse » ;
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « gravité catastrophiques » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « gravité importante » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « gravité sérieuse » ;
- Présence humaine exposée inférieure à 1 personne → « gravité modérée ».

Pour la plupart des parcs éoliens (et comme pour celui-ci), dans le périmètre délimité par la hauteur de chute de l'éolienne, les terrains sont non aménagés et très peu fréquentés.

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

Tableau 44 : Gravité de l'effondrement des éoliennes du projet

Eolienne	Nombre de personnes permanentes exposées	Gravité
F1	= OU < 1	Modérée
F2	= OU < 1	Modérée
F3	= OU < 1	Modérée
F4	= OU < 1	Modérée

8.2.1.4. Probabilité

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

Tableau 45 : Probabilité d'effondrement d'une éolienne selon la littérature

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'expérience¹⁶, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

¹⁶ 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.

Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut et dans un premier temps pour ce type d'événement.

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

Ces mesures de sécurité sont notamment :

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

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

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

Par conséquent 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 ».

8.2.1.5. Acceptabilité

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

Tableau 46 : Niveau d'acceptabilité des risques en cas d'effondrement de l'éolienne

Eolienne	Gravité	Niveau de risque
F1	Modérée	Acceptable
F2	Modérée	Acceptable
F3	Modérée	Acceptable
F4	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Fère-Champenoise, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.2. Chute de glace

8.2.2.1. Considérations générales

Les périodes de gel 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, d'où un risque potentiel de chute de glace.

Une grande partie du territoire français (en dehors des zones en 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, mais 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.

8.2.2.2. 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 (soit dans le cas de la V117-3,3 à 58,5 mètres) autour du mât de l'éolienne.

Pour le parc éolien de Fère-Champenoise, la zone d'effet est donc :

$$ZE = \pi \times \frac{D^2}{4}$$

$$ZE = \pi \times \frac{117^2}{4} = 10\,751 \text{ m}^2$$

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



Dans le cas du scénario de chute de glace, les zones d'effet sont exclusivement composées de champs agricoles et de chemins agricoles (voir ci-dessus). La [circulaire du 10 mai 2010](#) relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers indique que les champs agricoles correspondent à des terrains non aménagés et très peu fréquentés (on compte alors 1 personne par tranche de 100 hectares) et que les chemins agricoles correspondent à des terrains aménagés mais peu fréquentés (on compte alors 1 personne par tranche de 10 hectares).

Dans le cadre du projet éolien de Fère-Champenoise on comptabilise donc aux niveaux des différentes zones d'effet pour le scénario de chute de glace :

Tableau 47 : Nombre de personnes permanentes exposées dans le cadre du scénario de chute de glace

ZE des éoliennes	Champs agricoles		Chemins agricoles		Total des personnes permanentes exposées dans la zone d'effet
	Ha	Nb de personnes permanentes exposées	Ha	Nb de personnes permanentes exposées	
F1	1,07	0,011	0	0	0,011
F2	1,07	0,011	0	0	0,011
F3	1,07	0,011	0	0	0,011
F4	1,07	0,011	0	0	0,011

8.2.2.3. Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace, sachant que ZI est la zone d'impact, ZE est la zone d'effet, R est la longueur de pale, SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1 \text{ m}^2$).

Tableau 48 : Intensité du risque de chute de glace

Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$ZI = SG$	$ZE = \pi * D^2/4$	$d = ZI/ZE$	
1	10 751	0,009 %	Modérée

Par ailleurs, l'intensité est nulle hors de la zone de survol.

8.2.2.4. Gravité

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

- Plus de 1000 personnes exposées → « Gravité désastreuse » ;
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Gravité catastrophiques » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Gravité importante » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « Gravité sérieuse » ;
- Présence humaine exposée inférieure à 1 personne → « Gravité modérée ».

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

Tableau 49 : Gravité en cas de chute de glace

Eolienne	Nombre de personnes permanentes exposées	Gravité
F1	= ou < 1	Modérée
F2	= ou < 1	Modérée
F3	= ou < 1	Modérée
F4	= ou < 1	Modérée

8.2.2.5. Probabilité

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

8.2.2.6. Acceptabilité

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

Tableau 50 : Niveau d'acceptabilité des risques en cas de chute de glace

Eolienne	Gravité	Niveau de risque
F1	Modérée	Acceptable
F2	Modérée	Acceptable
F3	Modérée	Acceptable
F4	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Fère-Champenoise, le phénomène de chute de glace depuis les éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

Par ailleurs, 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.

8.2.3. Chute d'éléments de l'éolienne

8.2.3.1. Zone d'effet

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la **zone de survol des pales**, c'est-à-dire une zone d'effet de 10 751 m².

Dans le cas du scénario de chute d'éléments de l'éolienne, les zones d'effet sont exclusivement composées de champs agricoles et de chemins agricoles (voir carte suivante). La circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers indique que les champs agricoles correspondent à des terrains non aménagés et très peu fréquentés (on compte alors 1 personne par tranche de 100 hectares) et que les chemins agricoles correspondent à des terrains aménagés mais peu fréquentés (on compte alors 1 personne par tranche de 10 hectares). Dans le cadre du projet éolien de Fère-Champenoise on comptabilise donc aux niveaux des différentes zones d'effet pour le scénario de chute d'éléments de l'éolienne :

Tableau 51 : Nombre de personnes permanentes exposées dans le cadre du scénario de chute d'éléments de l'éolienne

ZE des éoliennes	Champs agricoles		Chemins agricoles		Total des personnes permanentes exposées dans la zone d'effet
	Ha	Nb de personnes permanentes exposées	Ha	Nb de personnes permanentes exposées	
F1	1,07	0,011	0	0	0,011
F2	1,07	0,011	0	0	0,011
F3	1,07	0,011	0	0	0,011
F4	1,07	0,011	0	0	0,011



8.2.3.2. Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du projet planifié, sachant que d est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R la longueur de pale et LB la largeur maximale de la pale et D est le diamètre du rotor.

Tableau 52 : Intensité de la chute d'éléments des éoliennes

Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène en %	Intensité
$ZI = R * LB / 2$	$ZE = \pi * D^2 / 4$	$d = ZI / ZE$	
114	10 751	1 %	Exposition forte

Par ailleurs, l'intensité en dehors de la zone de survol est nulle.

8.2.3.3. Gravité

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

- Plus de 100 personnes exposées → « Gravité désastreuse » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Gravité catastrophique » ;
- Entre 1 et 10 personnes exposées → « Gravité importante » ;
- Au plus 1 personne exposée → « Gravité sérieuse » ;
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « Gravité modérée ».

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

Tableau 53 : Gravité en cas de chute d'éléments des éoliennes

Eolienne	Nombre de personnes permanentes exposées	Gravité
F1	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse
F2	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse
F3	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse
F4	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse

8.2.3.4. Probabilité

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

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

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

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

8.2.3.5. Acceptabilité

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

Tableau 54 : Niveau d'acceptabilité des risques en cas de chute d'éléments des éoliennes

Eolienne	Gravité	Niveau de risque
F1	Sérieuse	Acceptable
F2	Sérieuse	Acceptable
F3	Sérieuse	Acceptable
F4	Sérieuse	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Fère-Champenoise le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.4. Projection de pales ou de fragments de pales

8.2.4.1. Zone d'effet

Dans l'accidentologie française, la distance maximale relevée pour une projection de fragment de pales 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. Cependant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisés une distance de 500 mètres.

Sur la base de ces éléments et de façon conservatrice, **une Distance d'Effet (DE) de 500 mètres** est considérée comme une 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.

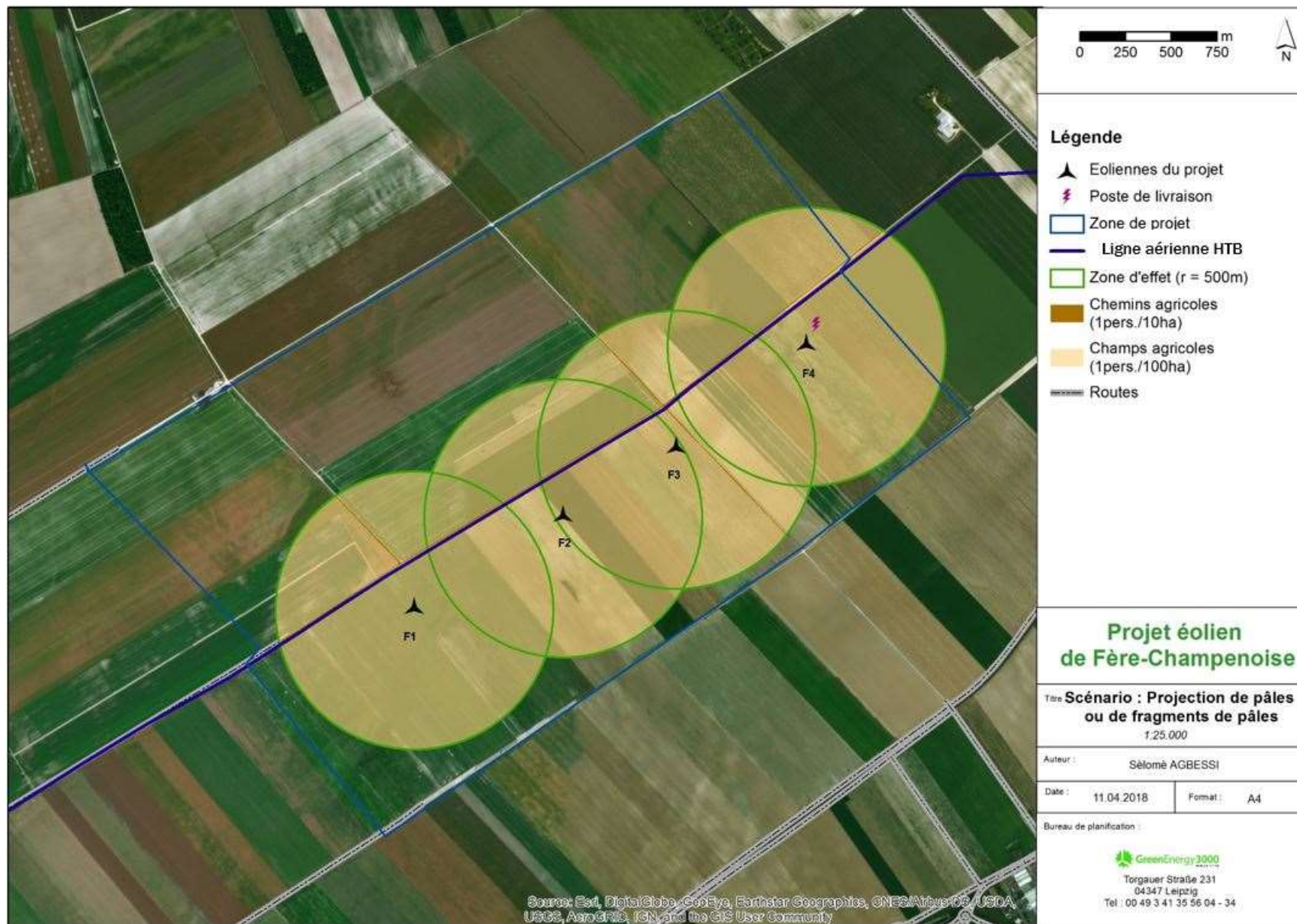
La zone d'effet de projection de pales ou de fragments de pales est donc :

$$ZE = \pi \times DE^2$$

$$ZE = \pi \times 500^2 = 785\,398 \text{ m}^2$$

Dans le cas du scénario de projection de paâles ou de fragments de pales, les zones d'effet sont principalement composées de champs agricoles et de chemins agricoles (voir carte suivante).

La [circulaire du 10 mai 2010](#) relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers indique que les champs agricoles correspondent à des terrains non aménagés et très peu fréquentés (on compte alors 1 personne par tranche de 100 hectares) et que les chemins agricoles correspondent à des terrains aménagés mais peu fréquentés (on compte alors 1 personne par tranche de 10 hectares).



Dans le cadre du projet éolien de Fère-Champenoise on comptabilise donc aux niveaux des différentes zones d'effet pour le scénario de projection de pales ou de fragments de pales :

Tableau 55 : Nombre de personnes permanentes exposées dans le cadre du scénario de projection de pales ou de fragments de pales

ZE des éoliennes	Champs agricoles		Chemins agricoles		Total des personnes permanentes exposées dans la zone d'effet
	Ha	Nb de personnes permanentes exposées	Ha	Nb de personnes permanentes exposées	
F1	78,54	0,79	1,03	0,10	0,89
F2	78,54	0,79	0,75	0,07	0,86
F3	78,54	0,79	1,53	0,15	0,94
F4	78,54	0,79	0,75	0,07	0,86

8.2.4.2. 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 (rayon de 500 m autour des éoliennes).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de pales ou d'éléments de pales dans le cas du parc éolien planifié, sachant que d est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R la longueur de pale et LB la largeur maximale de la pale.

Tableau 56 : Intensité de la chute de projection de pales ou de fragments de pales

Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène en %	Intensité
$ZI = R * LB / 2$	$ZE = \pi * r^2$	$d = ZI / ZE$	
114	785 398	0,01 %	Exposition modérée

8.2.4.3. Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 mètres autour de l'éolienne :

- Plus de 1000 personnes exposées → « Gravité désastreux » ;
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Gravité catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Gravité importante » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « Gravité sérieuse » ;

- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Gravité modérée ».

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

Tableau 57 : Gravité en cas de projection de pales ou fragments de pales

Eolienne	Nombre de personnes permanentes exposées	Gravité
F1	= OU < 1	Modérée
F2	= OU < 1	Modérée
F3	= OU < 1	Modérée
F4	= OU < 1	Modérée

8.2.4.4. Probabilité

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

Tableau 58 : Probabilité de projection de pales ou de fragments de pales

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assessment 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 de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ».

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

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

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

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

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

8.2.4.5. Acceptabilité

Avec une classe de probabilité D, le risque de projection de tout ou d'une partie de pale pour chaque éolienne est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1 000 dans la zone d'effet.

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

Tableau 59 : Niveau d'acceptabilité des risques en cas de projection de pales ou de fragments de pales

Eolienne	Gravité	Niveau de risque
F1	Modérée	Acceptable
F2	Modérée	Acceptable
F3	Modérée	Acceptable
F4	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Fère-Champenoise le phénomène de projection de tout ou de parties de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.5. Projection de glace

8.2.5.1. 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 dommages sur des personnes ou des biens.

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. Pour les études de danger de parcs éoliens les références proposent une distance d'effet qui est 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 en cas de givre ou de glace) :

$$DE = 1,5 \times (h + d)$$

$$DE = 1,5 (91,5 + 117) = 313 \text{ mètres}$$

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

Pour le parc éolien de Fère-Champenoise, la zone d'effet est donc :

$$ZE = \pi \times DE^2$$

$$ZE = \pi \times 500^2 = 307\,779 \text{ m}^2$$

Dans le cas du scénario de projection de glace, les zones d'effet sont principalement composées de champs agricoles et de chemins agricoles (voir carte suivante). La D 43 qui est la route la plus projet du projet se situe à plus d'un kilomètre de l'éolienne F4.

La [circulaire du 10 mai 2010](#) relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers indique que les champs agricoles correspondent à des terrains non aménagés et très peu fréquentés (on compte alors 1 personne par tranche de 100 hectares) et que les chemins agricoles correspondent à des terrains aménagés mais peu fréquentés (on compte alors 1 personne par tranche de 10 hectares).



Dans le cadre du projet éolien de Fère-Champenoise on comptabilise donc aux niveaux des différentes zones d'effet pour le scénario de projection de glace :

Tableau 60 : Nombre de personnes permanentes exposées dans le cadre du scénario de projection de glace

ZE des éoliennes	Champs agricoles		Chemins agricoles		Total des personnes permanentes exposées dans la zone d'effet
	Ha	Nb de personnes permanentes exposées	Ha	Nb de personnes permanentes exposées	
F1	30,78	0,31	0,55	0,05	0,36
F2	30,78	0,31	0,40	0,04	0,35
F3	30,78	0,31	0,89	0,09	0,40
F4	30,78	0,31	0,42	0,04	0,35

8.2.5.2. Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace, sachant que d est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, h la hauteur au moyeu, et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Tableau 61 : Intensité en cas de projection de glace

Hauteur de moyeu en m	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Zone d'impact en m ²	Degré d'exposition du phénomène en %	Intensité
H	$ZE = \pi * DE^2$	$ZI = SG$	$d = ZE/ZI$	
91,5	307 779	1	0,0003 %	Exposition modérée

8.2.5.3. Gravité

En fonction de cette intensité, 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 → « Gravité désastreuse » ;
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Gravité catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Gravité importante » ;

- Moins de 10 personnes exposées → « Gravité sérieuse » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Gravité modéré ».

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

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

Tableau 62 : Gravité en cas de projection de glace

Eolienne	Nombre de personnes permanentes exposées	Gravité
F1	= ou < 1	Modérée
F2	= ou < 1	Modérée
F3	= ou < 1	Modérée
F4	= ou < 1	Modérée

8.2.5.4. 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.

8.2.5.5. 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 éoliennes du parc, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 63 : Niveau d'acceptabilité des risques en cas de glace

Eolienne	Gravité	Niveau de risque
F1	Modérée	Acceptable
F2	Modérée	Acceptable
F3	Modérée	Acceptable
F4	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Fère-Champenoise le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.3. Synthèse de l'analyse détaillée des risques

8.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté retenu, les paramètres de risques ; c'est-à-dire la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Ainsi, il montre les risques et leurs gravités pour chaque éolienne du projet éolien planifié.

Tableau 64 : Synthèse de l'analyse des risques

Scénario	Zone d'effet [m]	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité	
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Exposition modérée	D	F1	Modérée
					F2	Modérée
					F3	Modérée
					F4	Modérée
Chute de glace	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	A (sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C)	F1	Modérée
					F2	Modérée
					F3	Modérée
					F4	Modérée
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Exposition forte	C	F1	Sérieuse
					F2	Sérieuse
					F3	Sérieuse
					F4	Sérieuse
Projection de pales	Cercle de rayon de 500 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	D	F1	Modérée
					F2	Modérée
					F3	Modérée
					F4	Modérée
Projection de glace	Cercle de rayon de $1,5 \times (H + 2R)$ autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	B (sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C)	F1	Modérée
					F2	Modérée
					F3	Modérée
					F4	Modérée

8.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

Pour conclure sur l'acceptabilité des risques, la matrice d'évaluation ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005, sera utilisée.

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

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
<i>Risque très faible</i>	Green	<i>acceptable</i>
<i>Risque faible</i>	Yellow	<i>acceptable</i>
<i>Risque important</i>	Red	<i>non acceptable</i>

Éoliennes	F1	F2	F3	F4
<i>Effondrement de l'éolienne</i>	Green	Green	Green	Green
<i>Chute de glace</i>	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
<i>Chute d'éléments de l'éolienne</i>	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
<i>Projection de pales</i>	Green	Green	Green	Green
<i>Projection de glace</i>	Green	Green	Green	Green

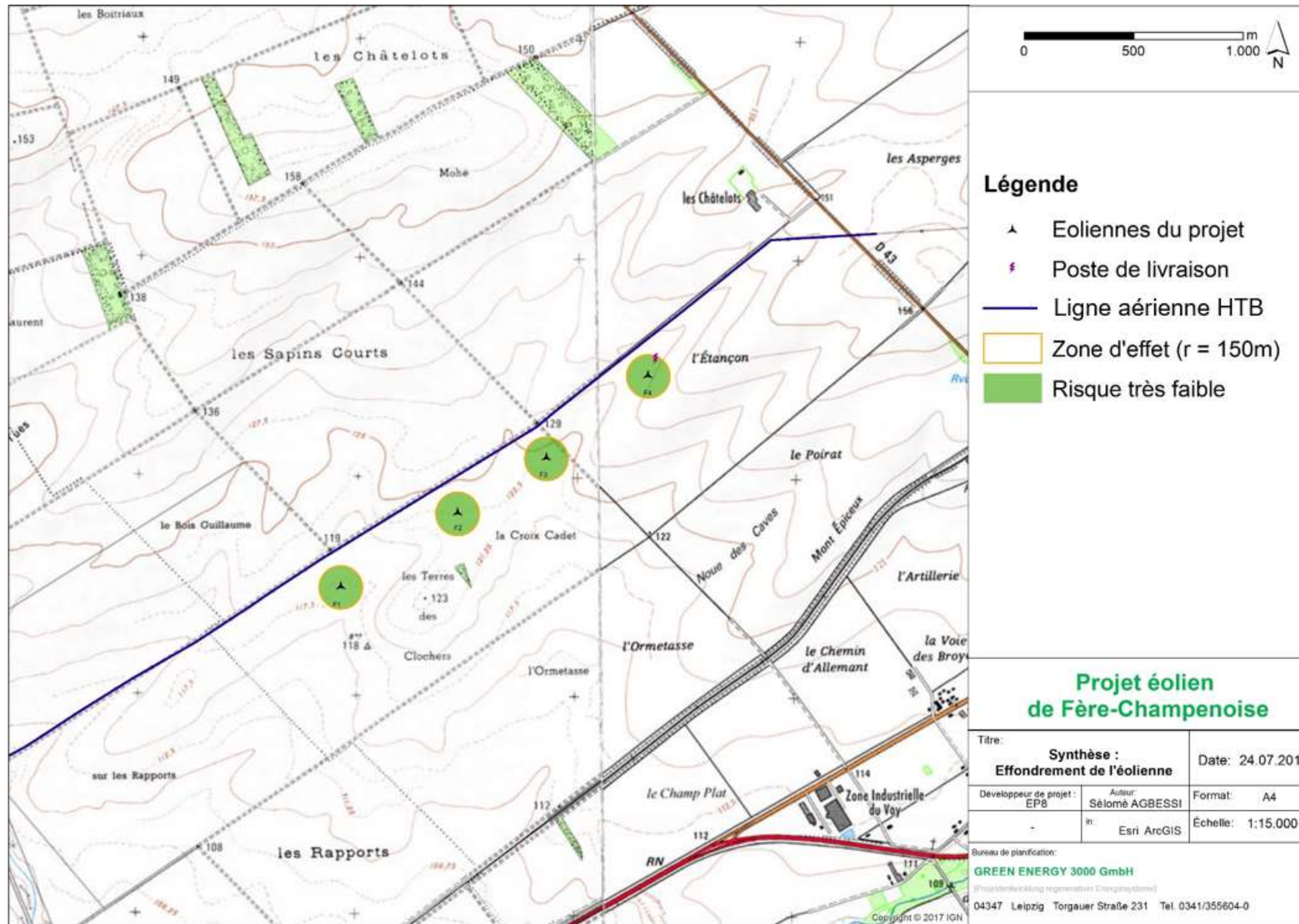
L'analyse détaillée des risques montre qu'aucun scénario ne représente une source de danger importante dont la gravité des conséquences serait catastrophique, désastreuse ou même importante. De plus, de nombreuses mesures de sécurité seront mises en place au niveau des éoliennes et du parc planifié, ce qui réduit les risques de manière importante (voir point 7.6.).

8.3.3. Cartographie des risques

Les cartes ci-après présentent la probabilité d'apparition de chaque événement étudié dans l'analyse détaillée des risques, c'est-à-dire :

- Effondrement de l'éolienne ;
- Chute de glace ;
- Chute d'éléments de l'éolienne ;
- Projection de pales ;
- Projection de glace.

Comme analysé précédemment, pour chaque scénario étudié, le risque est acceptable.



Légende

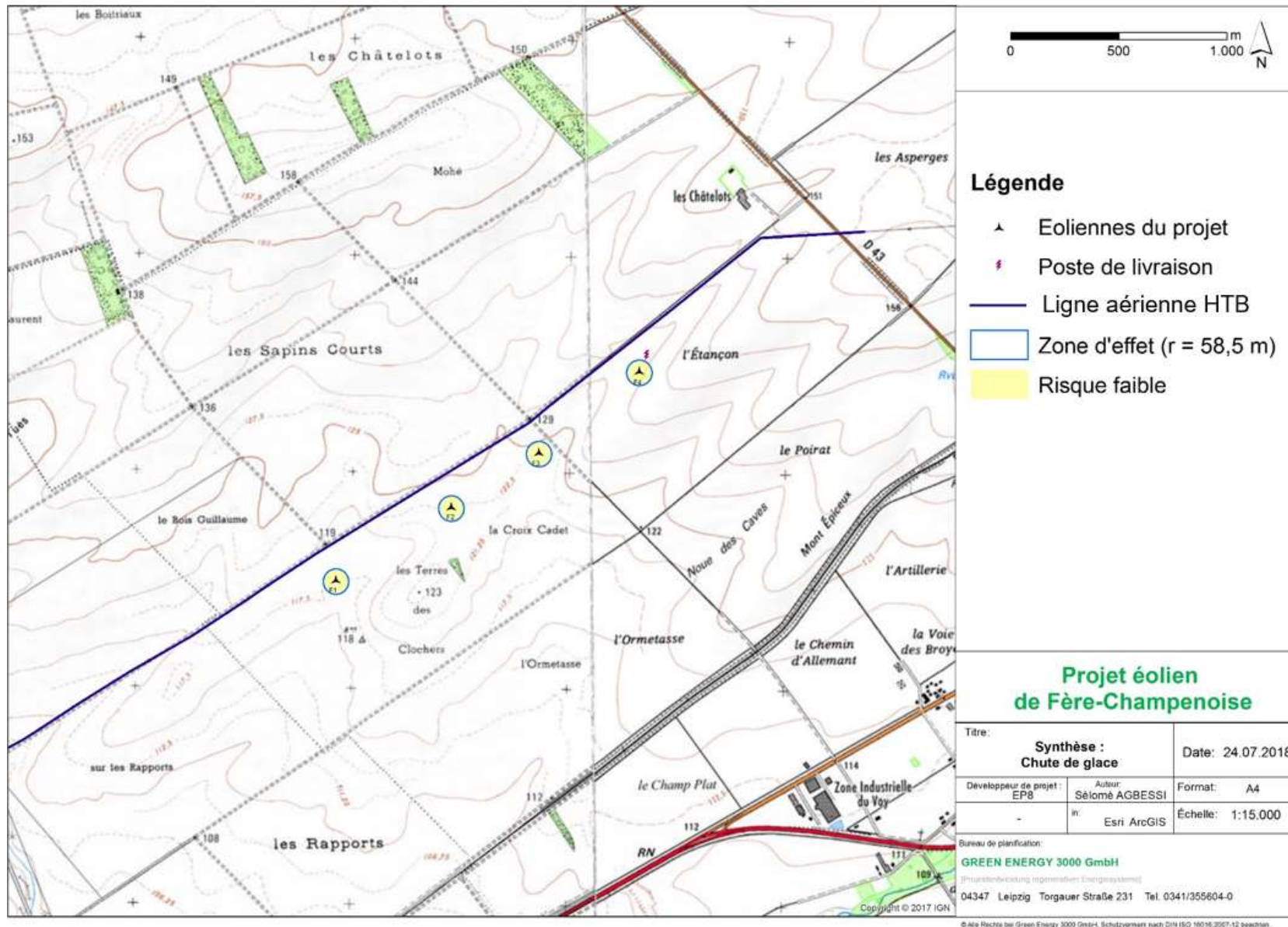
- ▲ Eoliennes du projet
- ⚡ Poste de livraison
- Ligne aérienne HTB
- Zone d'effet (r = 150m)
- Risque très faible

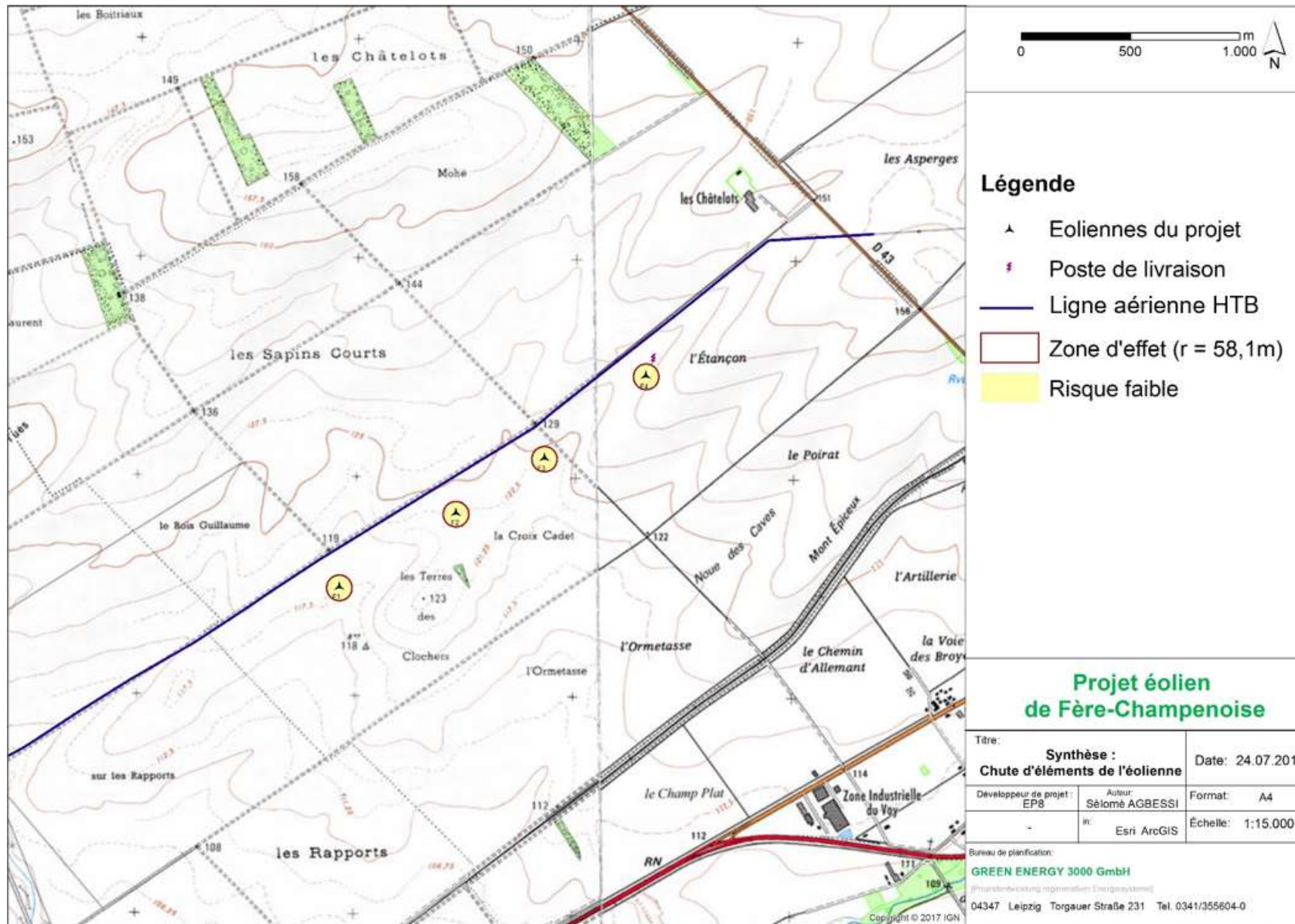
**Projet éolien
de Fère-Champenoise**

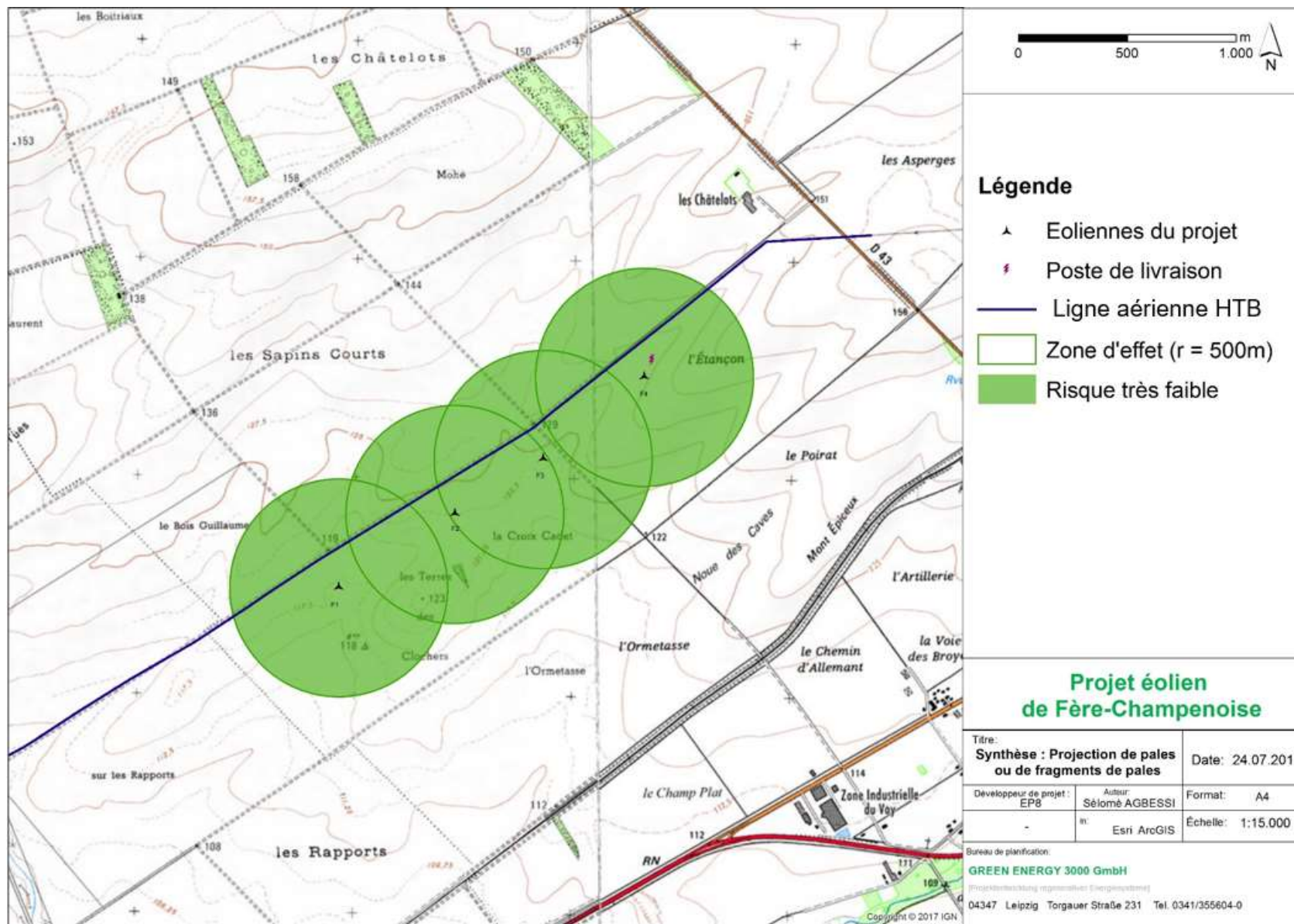
Titre: Synthèse : Effondrement de l'éolienne		Date: 24.07.2018
Developpeur de projet: EP8	Auteur: Sélimé AGBESSI	Format: A4
-	In: Esri ArcGIS	Échelle: 1:15.000

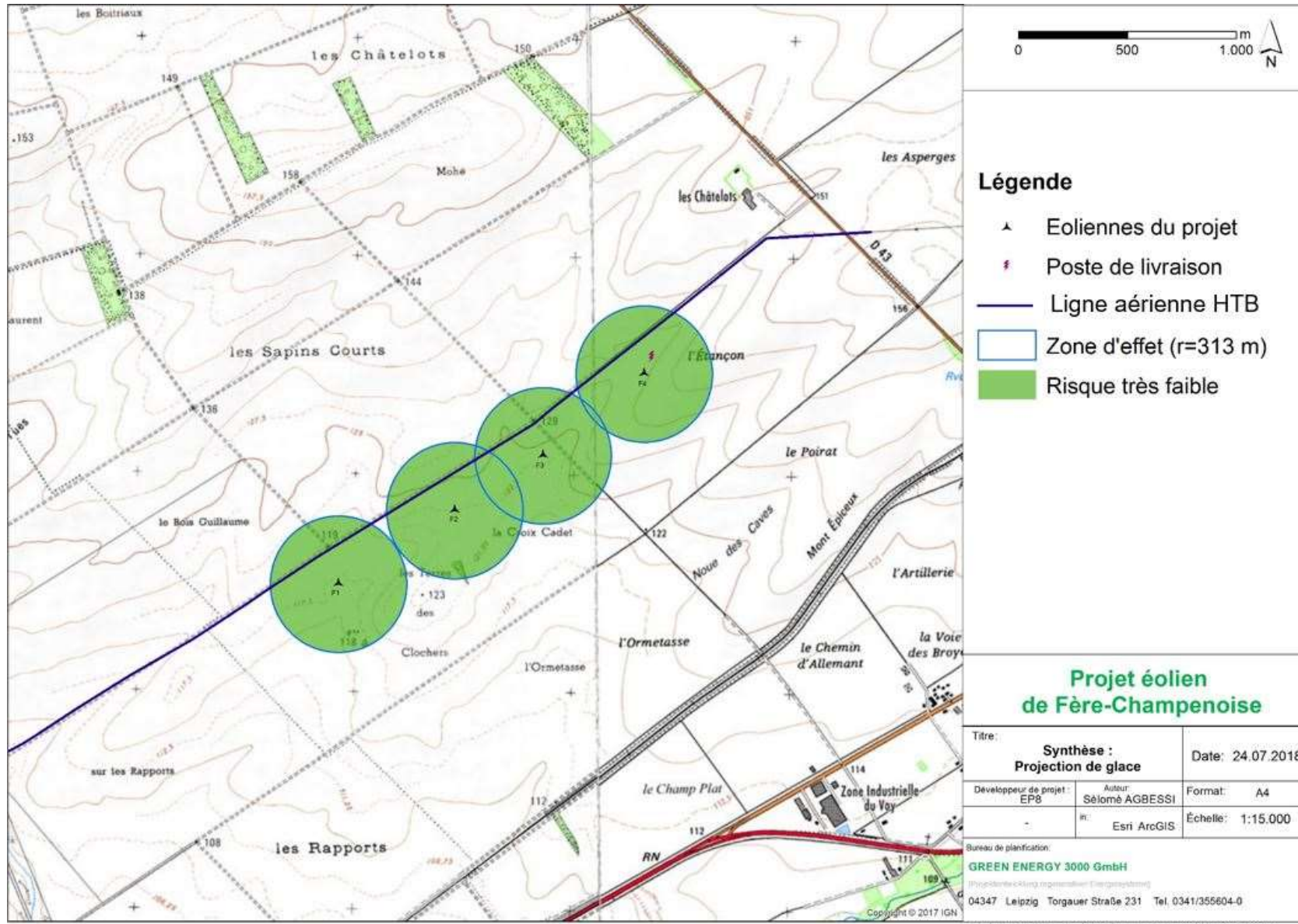
Bureau de planification:
GREEN ENERGY 3000 GmbH
(Projektentwicklung regenerativer Energiesysteme)
04347 Leipzig Torgauer Straße 231 Tel. 0341/355604-0

© Alle Rechte bei Green Energy 3000 GmbH. Schutzvermerk nach DIN ISO 19016:2007-12 beachten.







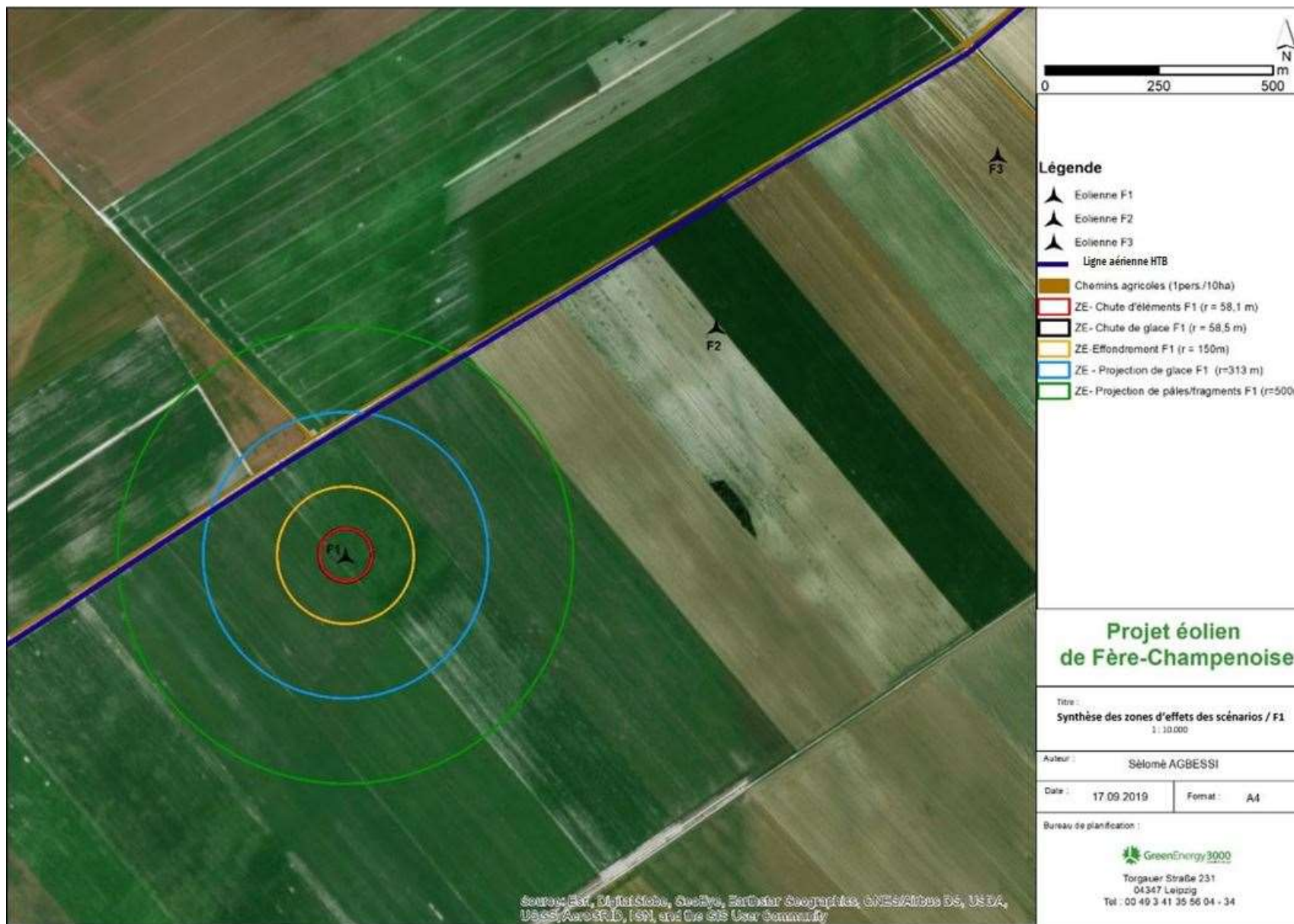


8.3.4. Cartographie par éolienne des zones d'effets des différents scénarios étudiés

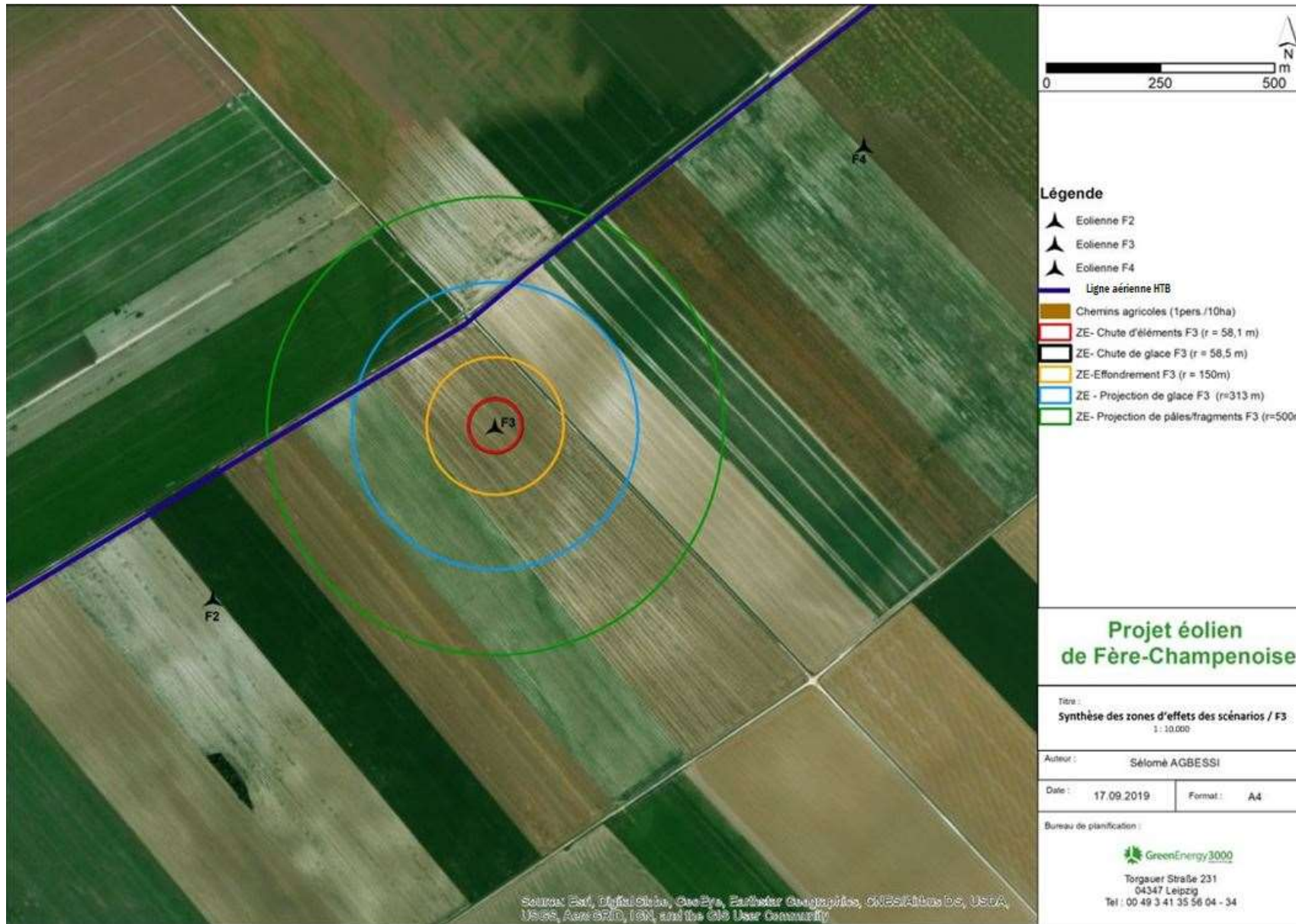
Les cartes ci-après présentent pour chaque éolienne les zones d'effets des différents scénarios étudiés à savoir :

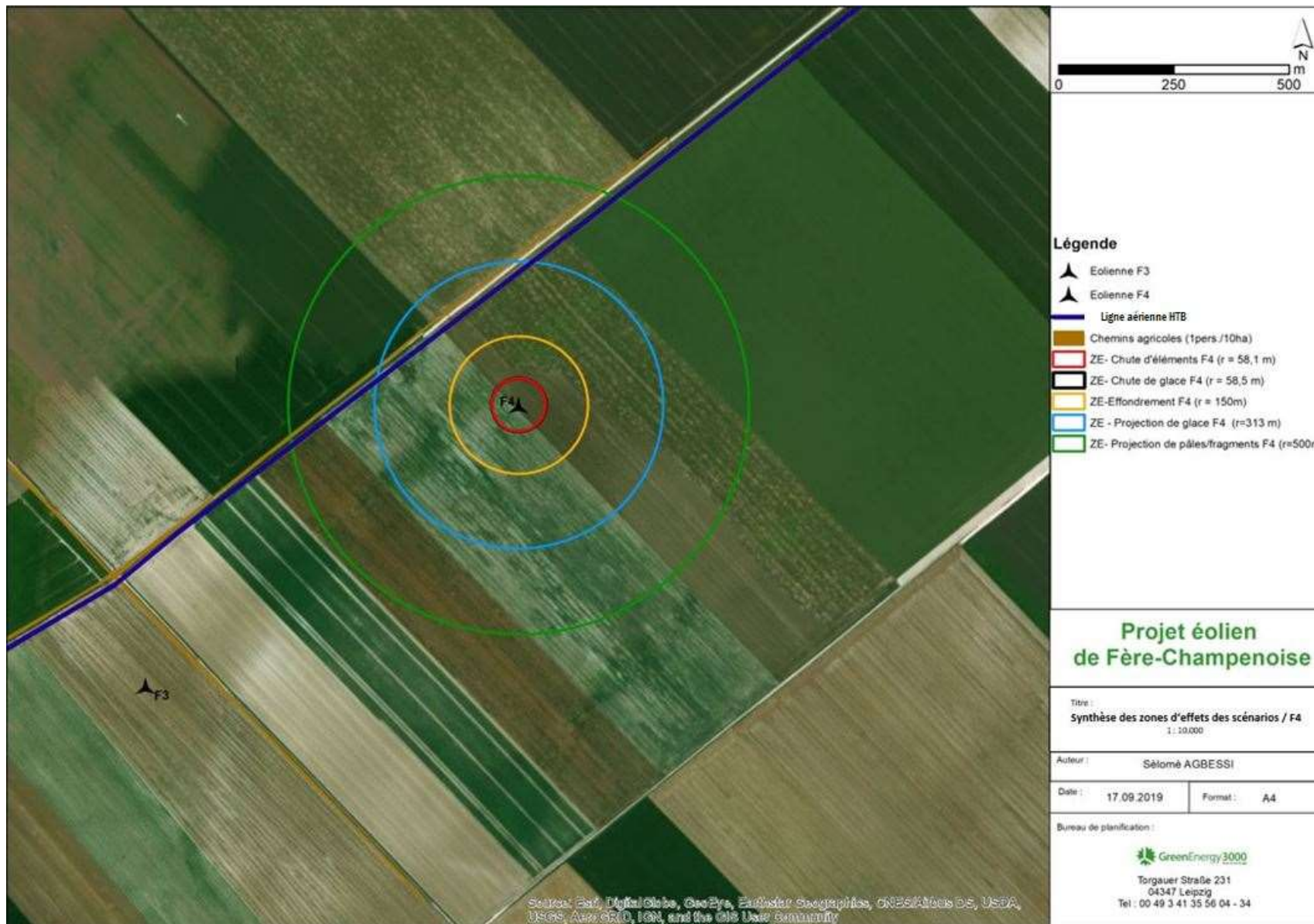
- Effondrement de l'éolienne ;
- Chute de glace ;
- Chute d'éléments de l'éolienne ;
- Projection de pales ;
- Projection de glace.

L'objectif est d'apprécier les enjeux présents autour de chaque aérogénérateur. Comme analysé précédemment, pour chaque scénario étudié, le risque est acceptable.









9. Conclusion

L'étude de dangers du projet éolien de Fère-Champenoise s'est appuyée sur la méthodologie et les travaux de recherche du groupe de travail SER-ENERIS pour la réalisation du guide technique national « *Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens* », validé par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) en mai 2012, et rédigé sous l'impulsion du SER et du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement.

Cette étude a eu pour objectifs de caractériser, d'analyser, d'évaluer, de prévenir et de réduire les risques et les dangers potentiels liés à la mise en service du parc éolien de Fère-Champenoise. Pour se faire, l'environnement de l'installation et l'installation en elle-même ont été analysés de manière détaillée, suivi d'une identification des potentiels de dangers, qu'ils soient liés aux produits ou au fonctionnement de l'installation. Puis, le retour d'expérience a permis d'identifier les principaux événements accidentels au niveau national et international qui ont par la suite été analysés de manière approfondie dans les analyses préliminaires et détaillées des risques.

L'étude de dangers a permis de conclure que les principaux risques d'accident sont l'effondrement de l'éolienne, la chute de glace, la chute d'éléments de l'éolienne, la projection de pales (ou de fragments de pales) et la projection de glace. Dans le cas du parc éolien de Fère-Champenoise, l'ensemble de ces risques potentiels sont acceptables en termes d'intensité, de gravité et de probabilité.

De nombreuses mesures de sécurité sont mises en place aux niveaux des éoliennes et des équipements annexes, comme par exemple, des fonctions de sécurité permettant de prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de formation de glace, de prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques ou encore de prévenir la survitesse. Par ailleurs, un choix judicieux de l'emplacement des installations ou des caractéristiques des éoliennes permet de réduire les potentiels de dangers en amont de la conception du projet. Les mesures de sécurité adoptées permettent donc de réduire la probabilité de survenue d'un accident majeur mais également de réduire l'étendue et donc la gravité de ces risques potentiels.

En conclusion, les éléments exposés dans la présente étude de dangers montrent objectivement que les risques et potentiels de dangers sont acceptables et confirment ainsi la sûreté du futur parc éolien de Fère-Champenoise.

10. Sources

BIBLIOGRAPHIE RELATIVE AU GUIDE TECHNIQUE POUR L'ÉLABORATION DE L'ÉTUDE DE DANGERS

- L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005
- Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004
- Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006
- Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des

accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation

- Alpine test site Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005
- Guide technique de conduite de l'étude de dangers (mars 2012)
- Base de données réalisée par l'association « Caithness Wind Information Forum » (CWIF)

AUTRE BIBLIOGRAPHIE NECESSAIRE A L'ELABORATION DE L'ETUDE DE DANGERS POUR LE PARC EOLIEN DE FERRE-CHAMPENOISE

- Bureau des Recherches Géologiques et Minières, InfoTerre – le visualiseur des données géoscientifiques, 2016, URL : [<http://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do>]
- Futura-Sciences, Cyclones, 2016, URL : [<http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/dico/d/meteorologie-cyclone-3582/>]
- Futura-Sciences, Tornades, 2016, URL : <http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/dico/d/climatologie-tornade-1459/>
- Ministère de la transition écologique et solidaire, Base des installations classées, 09.03.2016, URL : [<http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/rechercheIcForm.php>]
- Observatoire français des tornades et orages violents, Climatologie des orages en Champagne-Ardenne, 2016, URL : [<http://www.keraunos.org/region/champagne->

ardenne/climatologie-orages-champagne-ardenne-reims-chalon-charleville-troyes-
statistiques-nombre-de-jours.html]

- Prim.net, Ma commune face aux risques, 29.06.2007, URL :
[http://macommune.prim.net/d_commune.php?insee=08401]

11. Glossaire

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ANNEXES

Annexes

Annexe 1 – Solutions Vestas pour répondre à l’arrêté du 26 aout 2011	XXV
Annexe 2 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d’un accident à proximité d’une éolienne	XXXIV
Annexe 3 – Tableau de l’accidentologie française	XXXVII
Annexe 4 – Scénarios génériques issus de l’analyse préliminaire des risques	XLI
Annexe 5 – Probabilité d’atteinte et risque individuel	XLVI
Annexe 6 – Notice hygiène et sécurité Vestas	XLVIII
Annexe 7 – Arrêté 2005/169 portant création d’une distance d’éloignement pour la construction d’éoliennes à production d’électricité	LXVII
Annexe 8 – Courrier de GRT Gaz	LXX
Annexe 9 – Avis de RTE du 06 décembre 2019 concernant la ligne électrique environnante à la zone de projet	LXXIV

Annexe 1 – Solutions Vestas pour répondre à l'arrêté du 26 août 2011

SECTION 2 : IMPLANTATION

Art. 4 – L'installation est implantée de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens. (...)

Vestas travaille actuellement sur la Vestas Stealth Technology qui a pour but de limiter l'impact des éoliennes sur les radars.

Art. 5 – Afin de limiter l'impact sanitaire lié aux effets stroboscopiques, lorsqu'un aérogénérateur est implanté à moins de 250 mètres d'un bâtiment à usage de bureaux, l'exploitant réalise une étude démontrant que l'ombre projetée de l'aérogénérateur n'impacte pas plus de trente heures par an et une demi-heure par jour le bâtiment.

Vestas est en mesure de proposer en option, un système de détection et d'arrêt automatique en cas d'effets stroboscopiques sur des cibles éventuelles qui consiste en un paramétrage du système SCADA, qui détecte ces effets en fonction de l'angle de la nacelle, du moment de la journée et du moment de l'année.

Cette option n'est pas utile dans le cadre du projet éolien de Fère-Champenoise. En effet, l'habitation la plus proche est située à 1 519 m.

Art. 6 – L'installation est implantée de telle sorte que les habitations ne sont pas exposées à un champ magnétique émanant des aérogénérateurs supérieur à 100 microteslas à 50-60 Hz.

L'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques est un enjeu sur lequel Vestas travaille depuis plusieurs années. Une étude a été réalisée en juin 2010 par la CRAM et les membres du CHSCT afin d'estimer cette exposition. Les résultats montrent que les valeurs d'exposition sont très inférieures aux « valeurs déclenchant l'action » (VDA).

De nouvelles mesures ont été réalisées afin d'évaluer la valeur du champ électromagnétique émis par un parc d'éoliennes Vestas de 2 MW en fonctionnement. L'induction magnétique maximale mesurée était de 1,049 μ T, soit 100 fois inférieure à la valeur limite (Source EMITECH). Les mesures sur les éoliennes ayant une puissance de 3,3 MW n'ont pas été réalisées à ce jour.

SECTION 3 : DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Art. 7 – Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours.

Cet accès est entretenu.

Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté.

Vestas assure à travers ses contrats de maintenance, l'entretien et le maintien en bon état des voies d'accès. Les contrats de fourniture proposés par Vestas prévoient systématiquement la mise en place d'une voie d'accès carrossable permettant l'intervention des services d'incendie et de secours.

Art. 8 – L'aérogénérateur est conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne, à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté.

L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

En outre l'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R.111-38 du code de la construction et de l'habitation.

Vestas remet à chacun de ses clients un document « Type certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005).

De plus, des organismes compétents externes, mandatés par l'exploitant du parc, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation.

L'article R111-38 du code de la construction et de l'habitation fait référence au contrôle technique de construction. Il est obligatoire, à la charge de l'exploitant et réalisé par des organismes agréés par l'État. Ce contrôle assure la solidité des ouvrages ainsi que la sécurité des biens et des personnes.

Art. 9 – L'installation est mise à la terre. Les aérogénérateurs respectent les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée. Les opérations de maintenance incluent un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

L'ensemble des éoliennes Vestas respectent le standard IEC 61400-24.

Le contrôle visuel des pales est inclus dans nos opérations de maintenance annuelles (visite planifiée Inspection Record Form - IRF).

Art. 10 – Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.

Le certificat de conformité « Declaration of Conformity », remis avec chaque machine, atteste du respect de la Directive européenne dite « machine » du 17 mai 2006.

Les installations électriques font l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement, ce contrôle donnant lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé.

Vestas propose à ses clients des contrôles électriques supplémentaires dans le cadre des maintenances annuelles.

Art. 11 – Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile.

Vestas propose un balisage conforme aux dispositions citées dans cet article.

SECTION 4 : EXPLOITATION

Art. 12 – Au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, l'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs.

Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole.

Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées.

Le suivi environnemental est mandaté par le Regroupement des Naturalistes Ardennais (ReNARD)

Art. 13 – Les personnes étrangères à l'installation n'ont pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs. Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.

Afin d'empêcher l'accès de toute personne non autorisée à l'intérieur de nos turbines, les portes des aérogénérateurs fournies par Vestas sont équipées de verrous. Les postes de raccordement et de livraison sont également maintenus fermés à clef.

A la demande du client, Vestas est en mesure d'équiper ses machines de dispositifs d'alerte pour détecter toute ouverture de portes, en installant des capteurs et en paramétrant le système SCADA afin que celui-ci relaie l'information en temps réel.

Ces dispositifs d'alerte seront commandés lors de la finalisation du contrat avec le producteur d'éolienne.

Art. 14 – Les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :

- les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;
- l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;
- la mise en garde face aux risques d'électrocution ;
- la mise en garde, le cas échéant, face au risque de chute de glace.

L'installation de panneaux est à la charge de l'exploitant. Vestas est en mesure de fournir les pictogrammes respectant les dispositions de cet article.

Les prescriptions et les panneaux seront définis lors de la finalisation du contrat avec le fournisseur d'éoliennes.

Art. 15 – Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalise des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent :

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

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.

Lors de la mise en service d'une éolienne, une série de tests est réalisée afin de s'assurer du fonctionnement et de la sécurité de l'éolienne. Parmi ces tests, les arrêts simples, d'urgence et de survitesse sont effectués.

Les essais des différents arrêts sont ensuite effectués tous les ans suivant les manuels de maintenance et sont reportés sur les documents IRF attestant la réalisation de l'ensemble des opérations de maintenance. La mise à l'arrêt de la turbine est testée lors de la mise en service de la turbine puis à chaque intervention.

Art. 16 – L'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit.

Le maintien de la propreté des équipements fait partie intégrante des prestations réalisées par les équipes Vestas dans le cadre des contrats de maintenance. Afin d'assurer un suivi précis, un rapport de service, intégrant des photos de l'intérieur des turbines, est réalisé après les maintenances planifiées.

Aucun matériau combustible ou inflammable n'est entreposé dans les éoliennes Vestas.

Art. 17 – Le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter.

Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.

La formation BST (Basic Safety Training) forme tous les techniciens Vestas et ses sous-traitants aux risques et à la conduite à tenir en cas de problème. Les techniciens Vestas disposent également de formations leur permettant de travailler en toute sécurité. Parmi ces formations : utilisation des extincteurs, habilitation au travail en hauteur, habilitations électriques ou encore formation Sauveteur Secouriste du Travail (SST).

Art. 18 – Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité. Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.

Tous ces contrôles sont effectués par la société Vestas.

Art. 19 – L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. L'exploitant tient à jour pour chaque installation un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.

Le manuel de maintenance remis à l'exploitant fait état de la nature et de la fréquence des entretiens et opérations de maintenance. L'exploitant pourra tenir à jour un registre dans lequel sont consignées toutes les opérations de maintenance.

Toutes les opérations sont sanctionnées par des Rapports de Service, reprenant l'ensemble des informations nécessaires, qui sont communiqués à l'exploitant au travers d'un Customer Portal.

Art. 20 – L'exploitant élimine ou fait éliminer les déchets produits dans des conditions propres à garantir les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. Il s'assure que les installations utilisées pour cette élimination sont régulièrement autorisées à cet effet. Le brûlage des déchets à l'air libre est interdit.

Vestas a mis en place en 2011 le système d'Eolainer, dans le but d'améliorer la gestion de nos déchets et de respecter les objectifs environnementaux fixés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. Ces containers sont mis à disposition des techniciens directement sur site pendant les phases de maintenances programmées.

Durant les maintenances correctives, le tri est effectué au centre de maintenance.

A l'issue du service, l'Eolainer est récupéré par le prestataire qui assure le traitement des déchets en centre agréé, et qui nous fournit ensuite un suivi sur chaque parc.

Le contrôle et la traçabilité des déchets jusqu'à leur élimination finale sont assurés grâce l'édition d'un BSD (Bordereau de Suivi des Déchets), qui est une obligation réglementaire. Ces BSD sont ensuite mis à disposition de de l'exploitant via le Customer Portal.

Art. 21 – Les déchets non dangereux (par exemple bois, papier, verre, textile, plastique, caoutchouc) et non souillés par des produits toxiques ou polluants sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées. Les seuls modes d'élimination autorisés pour les déchets d'emballage sont la valorisation par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux utilisables ou de l'énergie. Cette disposition n'est pas applicable aux détenteurs de déchets d'emballage qui en produisent un volume hebdomadaire inférieur à 1 100 litres et qui les remettent au service de collecte et de traitement des collectivités.

Les déchets non dangereux sont triés au centre de maintenance dans des contenants adaptés. Leur collecte et leur élimination sont assurées par des sociétés spécialisées.

Art. 22 – Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiquent :

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

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

Les consignes de sécurité et procédures mentionnées dans cet article se retrouvent dans les deux documents :

- Le manuel SST VESTAS répertorie l'ensemble des directives générales de santé et de sécurité au travail, ainsi que les conduites à tenir et les procédures à suivre en cas de fonctionnement anormal.
- Le document « Safety Regulations for operators and technicians » regroupe les règles de sécurité pour le travail à l'intérieur des turbines.

Les éoliennes Vestas ne sont pas concernées par les situations suivantes : haubans rompus ou relâchés et fixations détendues.

Art. 23 – Chaque aérogénérateur est doté d'un système de détection qui permet d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur.

L'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. L'exploitant dresse la liste de ces détecteurs avec leur fonctionnalité et détermine les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps.

Les détecteurs de fumée font partie des équipements de série sur les turbines Vestas.

Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant.

SCEMEA, envoi par courriel les alertes pour informer l'exploitant. L'automate producteur (mis en service par INEO) au sein des PDL envoi des alertes par message texte et par courriel.

La détection de survitesse est également en série sur les turbines Vestas, et testée lors des opérations de maintenance annuelles.

Art. 24 – Chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, notamment :

– d'un système d'alarme qui peut être couplé avec le dispositif mentionné à l'article 23 et qui informe l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. Ce dernier est en mesure de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées à l'article 22 dans un délai de soixante minutes ;

– d'au moins deux extincteurs situés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils sont positionnés de façons bien visibles et facilement accessibles. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Cette disposition ne s'applique pas aux aérogénérateurs ne disposant pas d'accès à l'intérieur du mât.

Le système d'alarme contre les incendies est celui décrit précédemment. Par ailleurs, toutes les éoliennes Vestas sont équipées d'extincteurs en pied de tour et dans la nacelle. Les techniciens Vestas sont formés à leur utilisation.

Art. 25 – Chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur.

En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur est mis à l'arrêt dans un délai maximal de soixante minutes. L'exploitant définit une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales. Cette procédure figure parmi les consignes de sécurité mentionnées à l'article 22.

Lorsqu'un référentiel technique permettant de déterminer l'importance de glace formée nécessitant l'arrêt de l'aérogénérateur est reconnu par le ministre des installations classées, l'exploitant respecte les règles prévues par ce référentiel. Cet article n'est pas applicable aux installations implantées dans les départements où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C.

Vestas propose trois systèmes de détection de formation du givre :

- Le paramétrage SCADA permettant de déduire la formation de givre à partir des données de puissance et température, lorsque la turbine est en fonctionnement. Un message d'alerte type « Ice climate » est transmis aux opérateurs. La mise à l'arrêt se fait ensuite manuellement ou automatiquement. La mise à l'arrêt et le redémarrage se fait ensuite sous ordre de l'exploitant (manuellement après estimation de la quantité de givre par exemple).
- Un détecteur fixe de glace installé sur la nacelle permettant de détecter la formation de glace. La mise à l'arrêt et le redémarrage se fait ensuite sous ordre de l'exploitant.
- Un système de détection de formation de givre sur les pales proposé par un fabricant spécialisé, qui pourra être couplé avec un paramétrage SCADA afin de permettre un arrêt automatique en cas de givre sur les pales et un redémarrage automatique suivant les données reçues par le détecteur.

SECTION 6 : BRUIT

Art. 26 – L'installation est construite, équipée et exploitée de façon telle que son fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits transmis par voie aérienne ou solidoienne susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage.

Les émissions sonores émises par l'installation ne sont pas à l'origine, dans les zones à émergence réglementée, d'une émergence supérieure aux valeurs admissibles définies dans le tableau suivant :

NIVEAU DE BRUIT AMBIANT EXISTANT dans les zones à émergence réglementée incluant le bruit de l'installation	ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE allant de 7 heures à 22 heures	ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE allant de 22 heures à 7 heures
Sup à 35 dB (A)	5 dB (A)	3 dB (A)

Les valeurs d'émergence mentionnées ci-dessus peuvent être augmentées d'un terme correctif en dB (A), fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit de l'installation égal à :

Trois pour une durée supérieure à vingt minutes et inférieure ou égale à deux heures ;

Deux pour une durée supérieure à deux heures et inférieure ou égale à quatre heures ;

Un pour une durée supérieure à quatre heures et inférieure à huit heures ;

Zéro pour une durée supérieure à huit heures.

En outre, le niveau de bruit maximal est fixé à 70 dB (A) pour la période jour et de 60 dB (A) pour la période nuit. Ce niveau de bruit est mesuré en n'importe quel point du périmètre de mesure du bruit défini à l'article 2. Lorsqu'une zone à émergence réglementée se situe à l'intérieur du périmètre de mesure du bruit, le niveau de bruit maximal est alors contrôlé pour chaque aérogénérateur de l'installation à la distance R définie à l'article 2. Cette disposition n'est pas applicable si le bruit résiduel pour la période considérée est supérieur à cette limite.

Dans le cas où le bruit particulier de l'établissement est à tonalité marquée au sens du point 1.9 de l'annexe à l'arrêté du 23 janvier 1997 susvisé, de manière établie ou cyclique, sa durée d'apparition ne peut excéder 30 % de la durée de fonctionnement de l'établissement dans chacune des périodes diurne ou nocturne définies dans le tableau ci-dessus.

Lorsque plusieurs installations classées, soumises à autorisation au titre de rubriques différentes, sont exploitées par un même exploitant sur un même site, le niveau de bruit global émis par ces installations respecte les valeurs limites ci-dessus.

Vestas met à la disposition de l'exploitant :

- Les courbes acoustiques garanties par vitesse de vent de chaque modèle d'aérogénérateur (reprises dans les Spécifications Générales de chaque modèle)
- Des rapports de mesure incluant les données acoustiques par bandes d'octave

Le bruit à tonalité marquée :

Il s'agit d'un bruit émettant une fréquence émergente pouvant être considérée comme gênante. Ce bruit dépend du type d'éolienne, des technologies choisies, mais également de l'emplacement et du nombre de machines. Cette mesure doit donc être effectuée sur site. Vestas se tient à disposition pour préciser les solutions adéquates à mettre en place au cas par cas.

Art. 27 – Les véhicules de transport, les matériels de manutention et les engins de chantier utilisés à l'intérieur de l'installation sont conformes aux dispositions en vigueur en matière de limitation de leurs émissions sonores. En particulier, les engins de chantier sont conformes à un type homologué.

L'usage de tous appareils de communication par voie acoustique (par exemple sirènes, avertisseurs, haut-parleurs), gênant pour le voisinage, est interdit, sauf si leur emploi est exceptionnel et réservé à la prévention et au signalement d'incidents graves ou d'accidents.

Vestas respecte les normes en vigueur lors des phases d'installation, et dans l'exécution de ses contrats de maintenance. Ces normes concernent les véhicules, matériels, engins et appareils de communication.

Annexe 2 – 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 = $0,4 \times 0,5 \times 20\ 000/100 = 40$ personnes.

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

Voies ferroviaires

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

Voies navigables

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

Chemins et voies piétonnes

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

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

Logements

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

Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

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

Zones d'activité

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

Annexe 3 – Tableau de l'accidentologie française

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide pour l'élaboration des études de dangers dans le cadre de projets éoliens. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2011.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	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 caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme,	-

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	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 4 – 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 7.4. 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 (Go1 et Go2)

Scénario Go1

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 déduction de la formation de glace ;
- Système de détection de glace sur la nacelle (en option) ;
- Système de détection de glace sur les pales (en option) ;
- Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor ;
- Arrêt préventif en cas de givrage de l’anémomètre.

Scénario Go2

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Concernant la perte du réseau électrique, celle-ci peut être la conséquence d'un défaut sur le réseau d'alimentation du parc éolien au niveau du poste source. En fonction de leurs caractéristiques

techniques, le comportement des éoliennes face à une perte d'utilité peut être différent (fonction du constructeur). Cependant, deux systèmes sont couramment rencontrés :

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

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

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

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

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

Scénarios relatifs aux risques de fuites (Fo1 à Fo2)

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 Fo1

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 et équipements 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
- Bacs de rétention

Deux événements peuvent être aggravants :

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

Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (Co1 à Co3)

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 (Po1 à Po6)

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, etc.

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 Po1

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 Po2

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 Po3

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 5 – Probabilité d’atteinte et risque individuel

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

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

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

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

Annexe 6 – Notice hygiène et sécurité Vestas

1 Notice Hygiène et Sécurité



La notice permet de s'assurer que le domaine "hygiène/sécurité" des travailleurs a bien été pris en considération par le demandeur et que ses choix - quant à la conception de l'installation -, tels qu'exposés dans son projet, satisfont aux exigences législatives et réglementaires en matière de santé et de sécurité du personnel.

Cela implique d'analyser a priori les risques professionnels prévisibles, liés à l'installation, afin de déterminer les mesures propres à les prévenir.

Circulaire DRT n° 2006/10 du 14 avril 2006, relatives à la sécurité des travailleurs sur les sites à risques industriels majeurs

Notice Hygiène et Sécurité

Mars 2011

1.1	Introduction.....	4
1.2	Le montage des éoliennes.....	5
1.3	La maintenance des éoliennes	9
1.3.1	Le risque électrique.....	9
1.3.2	Le risque de chute.....	10
1.3.3	Les équipements de protection individuelle (EPI)	16
1.3.4	Plan d'urgence	18
1.4	Conclusion.....	20





1.1 Introduction

Les conditions inhérentes à l'industrie éolienne comportent de nombreux risques pour les travailleurs : conditions météorologiques extrêmes et changeantes, sites isolés, travail en hauteur, lourdes charges, espaces confinés, proximité de l'électricité, etc....

Avec seulement 25 à 30 ans de retour d'expérience et une technologie qui continue d'évoluer, les standards de « bonne pratique » pour la santé et la sécurité du personnel sont constamment améliorés. Le nombre de décès enregistrés comparé à la productivité constitue un bon indice de la santé et de la sécurité sur les chantiers éoliens.

Le taux d'accidents graves et de décès dans l'industrie éolienne est plus élevé que ce que peuvent penser de nombreux employés du secteur. Il n'existe pas de source précise compilant les statistiques des accidents liés à l'activité éolienne, cependant, les informations disponibles laissent penser que depuis 1980 il y a eu environ 45 décès au travail dans ce secteur industriel en Europe et en Amérique du Nord (cf. figure 1). Ceci ne prend pas en compte les décès qui auraient pu se produire dans des pays comme l'Inde ou la Chine où les données sont presque impossibles à recueillir ou vérifier.

LEARNING AND IMPROVING

Wind industry occupational deaths across North America and Europe are coming down in relation to installed capacity*



*Deaths at grid-connected wind site/turbine assembly or major component plant; does not include two deaths during US offshore research. Data from other global regions is too incomplete to be included. **Includes one death at Bard offshore wind farm in Germany's Exclusive Economic Zone but beyond German state boundaries. Sources: Windpower Monthly/Paul Gipe

Figure 1 : Evolution du nombre de décès en Europe et en Amérique du Nord en fonction de la puissance installée
(Source: Windpower Monthly/Paul Gipe)

Le taux d'accidents est relativement stable d'année en année malgré la croissance de l'industrie éolienne. L'industrie éolienne moderne a réduit le nombre d'accidents graves et de décès par gigawatt installé de plus de 7 en 1980 à moins de 1 en 2010 (cf. figure 1).

Les phases de montage et d'exploitation d'un parc éolien sont deux phases distinctes dans la prévention des risques professionnels ; il s'agit des phases critiques quant aux risques professionnels.

- le montage expose les salariés de différents corps de métiers, sur une courte période (quelques mois), pour les travaux de fondation, travaux électriques et travaux en hauteur, ... ;
- la maintenance expose les salariés assurant le bon fonctionnement des éoliennes. Ils sont alors exposés au risque d'électrification / électrocution, aux risques mécaniques et physiques (bruit, températures).

Nous évoquerons dans les chapitres suivants uniquement les phases de montage et de maintenance. En effet, la phase de construction des éoliennes est certifiée par des experts (Veritas, Germanischer Lloyd). La certification consiste à vérifier la résistance des éoliennes (matériaux) face à diverses sollicitations extrêmes [Rapport du 7 janvier 2005, d'ELSAM]. La conception des éoliennes est régie par la norme internationale CEI 61 400.

1.2 Le montage des éoliennes

L'implantation d'un parc éolien comprend un certain nombre d'étapes essentielles à son exploitation et à sa durée de vie.

C'est pourquoi il est indispensable de coordonner et planifier l'ensemble des tâches. Une visite du site avec l'ensemble des partenaires (maître d'ouvrage, les entreprises de Génie Civil et un coordonnateur Sécurité (dépendant du maître d'ouvrage ou des services de l'Etat (CARSAT, ...))) est un préalable à l'organisation des travaux. Ensuite des réunions de pré-chantier permettent de hiérarchiser les phases d'intervention.

Les articles L.4531-1 et suivants du Code du travail visent à assurer la sécurité de toutes les personnes qui interviennent sur un chantier. Ils imposent la mise en œuvre de principes généraux de préventions, tant au cours de la phase de conception, d'étude et d'élaboration du projet, que pendant la réalisation de l'ouvrage.

Cette réglementation exige que la coordination en matière de sécurité soit assurée à tous les stades d'un projet d'une certaine importance, de la conception à la réalisation. A cet effet, le maître d'ouvrage est tenu de désigner un coordonnateur en matière de sécurité et de protection de la santé (coordonnateur SPS). Celui-ci est chargé d'établir et de compléter régulièrement un dossier rassemblant toutes les données de nature à faciliter la prévention des risques professionnels.

Lorsque le chantier est soumis à coordination SPS, toutes les entreprises intervenantes pour les travaux sont soumises à obligation de rédiger un plan particulier de sécurité et de protection de la santé dit PPSPS (article L 4532-9 du Code du travail). Ce document est un outil de prévention qui doit permettre à l'entreprise qui intervient sur un chantier où d'autres entreprises sont présentes d'évaluer les risques professionnels liés à la coactivité et d'adapter ses modes opératoires en conséquence.

Selon l'article L.532- du Code du travail, « *les opérations de bâtiment ou de génie civil pour lesquelles l'effectif prévisible des travailleurs doit dépasser 20 travailleurs à un moment quelconque des travaux et dont la durée doit excéder trente jours ouvrés, ainsi que celles dont le volume prévu des travaux doit être supérieur à 500 hommes-jours doivent faire l'objet d'une déclaration préalable à l'inspecteur du travail* ». Cette déclaration doit être effectuée « à la date du dépôt du permis de construire ».

Au titre du Code du Travail, un coordonnateur SPS en matière de sécurité sera désigné dans le cadre du chantier de parc éolien et les entreprises intervenantes sur le chantier devront rédiger un PPSPS. De même, une déclaration de travaux sera déposée en même temps que le permis de construire.

De plus, le Décret n°92-158 du 20 février 1992 a imposé l'élaboration d'un document écrit, intitulé « Plan de prévention » et destiné à préciser les mesures adoptées conjointement par les entreprises intervenantes (appelées « entreprises extérieures ») et l'entreprise d'accueil (appelée « entreprise utilisatrice ») pour assurer la sécurité des opérateurs pendant la réalisation des travaux (articles R. 237-1 à R. 237-28 du Code du travail). Dans le cas du parc éolien de Canet 2, un Plan de prévention sera acté avec les prestataires des opérations de maintenance.

Durant toute la durée du chantier, une « base de vie » sera installée. Elle sera implantée sur une zone à faible enjeu environnemental. Elle permettra aux intervenants de se restaurer. De l'eau sera également mise à disposition. Des sanitaires avec des systèmes de rétention seront implantés à proximité. Des trousseaux de secours, des couvertures de survies seront rangées, afin d'apporter les premiers soins aux personnes blessées. Les consignes de sécurité y seront rappelées.

Le tableau suivant rappelle la succession des phases de montage en présentant leurs principaux risques. Des préconisations d'atténuation, voire de suppression des risques sont également indiquées.

Notice Hygiène et Sécurité			
Opération	Danger	Condition dangereuse	Préconisations – Mesures préventives
Accès au chantier – Présence de personnes extérieures sur le site – Présence d'animaux sauvages sur le site			
Trajet site/domicile, circulation, accès au chantier, public, animaux sur le site	<ul style="list-style-type: none"> - Risque routier - Risque de blessures diverses - Accidents (collision engin-engin, engin-homme,...) - Présence d'animaux d'élevage 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de personnes étrangères au chantier - Topographie accidentée - Mauvaises conditions météo - Comportement agressif des animaux 	<ul style="list-style-type: none"> - respecter les limitations de vitesse. Pour les longs trajets, s'arrêter toutes les 2 heures. - reporter son départ si fatigue suite à une journée de travail intense. - privilégier les transports en commun et le covoiturage. - Installer des panneaux de signalisation de travaux au bord de la route. - Placer des panneaux signalant la présence d'ouvriers à l'intérieur de la turbine. - s'assurer qu'aucune personne non autorisée ne puisse avoir accès au site. Les personnes non autorisées doivent se tenir à une distance d'au moins 100 mètres du site. - circuler uniquement sur les pistes aménagées et visiblement délimitées. La vitesse est limitée à 30km/h à l'intérieur du site. - porter en permanence un gilet réfléchissant. - tenir toute personne étrangère à l'extérieur du site. Utiliser casques et chaussures de sécurité (en cours de validité). - empêcher les animaux d'accéder au site.
Base de vie - Zone de stockage			
Entretien de la base de vie, stockage des éléments, manutention	<ul style="list-style-type: none"> - Lésions bénignes. - Blessures graves et irréversibles. - Lésions dorsolombaires. - Chute d'objets. 	<ul style="list-style-type: none"> - Connexion des équipements électriques. - Objets dans les zones de passage. - Stockage de produits chimiques. - Manipulation manuelle et mécanique des charges. 	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenir les zones de travail et de passage en ordre et dans des conditions de propreté adéquates. Ne pas laisser traîner d'objets dans les zones de passage. - Ne pas stocker des produits chimiques dans les bureaux (stockage obligatoire dans le container destiné à cet effet). - Effectuer la réparation et la maintenance des équipements et installations électriques des bases de vie par le fournisseur du bungalow. - Maintenir les câbles et fiches en bon état. Éviter de placer les câbles d'alimentation à des endroits où ils peuvent être écrasés, endommagés ou tirés. - Utiliser des prises de terre pour les équipements qui le nécessitent. - Ne pas manipuler manuellement des charges supérieures à 25 Kg. Respecter les conseils de manutention. - Seul le personnel ayant reçu une formation spécifique peut utiliser les chariots. - Respecter les normes de sécurité propres à la machine ou à l'équipement utilisé. - Éviter tout passage sous des charges suspendues ou éléments qui risquent de se disloquer (prendre des précautions particulières avec la présence de glace sur les pales). - Ne jamais dépasser la charge utile de ces éléments.
Conditions climatiques			
Tous travaux lors de la phase de chantier	<ul style="list-style-type: none"> - Lésions bénignes à graves. - Blessures fatales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Foudre, vitesse de vent, neige, glace. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier les conditions atmosphériques avant de commencer le travail. - Ne pas rester à l'intérieur ou à proximité d'une turbine en cas de risque de foudre. - Interdire le travail dans les éoliennes si la vitesse du vent dépasse 25m/s. - Interdire les travaux de levage si la vitesse de vent supérieurs à 10m/s. - Utiliser le casque pour éviter des blessures lors de la chute d'outils, de pièces ou de glace. - Equiper les véhicules pour les conditions hivernales. - Réduire l'accès au site quand les conditions climatiques sont très mauvaises. - Rester vigilant et se tenir à distance lors du redémarrage de l'éolienne si les pales sont recouvertes de glace.
Travail en hauteur, travail de nuit, manipulation de substances chimiques, équipement personnel de sécurité			
Travaux en hauteur lors de la phase de chantier, stockage et utilisation de produits chimiques	<ul style="list-style-type: none"> - Chute du personnel. - Blessures graves. - Blessures fatales. - Empoisonnements, allergie 	<ul style="list-style-type: none"> - Absence de contrôle d'équipement, mauvaise éclairage, ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôler son équipement de sécurité avant de commencer à travailler. Tout équipement endommagé doit être jeté. - Porter les EPIs (harnais, longe et stop chute) vérifiés et approuvés. - Être formé aux travaux en hauteur (en cours de validité). - Être attaché aux points d'ancrages indiqués lors des travaux dans une zone non équipée de protection collective. - S'assurer de bonnes conditions d'éclairage lors du travail de nuit, afin de travailler en toute sécurité. - Maintenir un contact radio permanent entre le superviseur de site, les techniciens et les grutiers. - Lire les instructions des différents documents de sécurité. - Utiliser les protections personnelles obligatoires, telles que gants, lunettes de protection et masques respiratoires. - Porter en permanence des vêtements appropriés. - Avoir un kit anti-pollution en permanence à proximité des produits chimiques (pas dans le container si les produits sont utilisés sur site).

Notice Hygiène et Sécurité			
Opération	Danger	Condition dangereuse	Préconisations - Mesures préventives
<i>Déchargement des éléments de l'éolienne</i>			
Opérations de levage en général	<ul style="list-style-type: none"> - Blessures graves et irréversibles - Dommages matériels 	<ul style="list-style-type: none"> - Chute d'outils ou de pièces - Sol meuble 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser uniquement des outils testés et certifiés. Utiliser des casques, chaussures de sécurité et gilets réfléchissants. - Maintenir un contact permanent entre le superviseur du montage et le grutier. Garder le contact pendant le déchargement. - Sécuriser la tour, la nacelle et les pales contre le risque de renversement. - Utiliser des calages adéquats. - Sonder le sol avant que le travail de levage ne commence. - Vérifier l'état et les certificats de vérification de la grue et de tous les appareils de levage ainsi que l'habilitation du conducteur. - Décider de la limite de vent pour lever (dépendant des éléments à lever) et se coordonner avec les chefs de manœuvre au sol.
<i>Préparation de la nacelle, du rotor et des pales</i>			
Préparation de la nacelle	<ul style="list-style-type: none"> - Chute de personnes, d'outils ou de pièces ; - Blessures liées à l'utilisation d'outils 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de l'échelle - Déplacement sur le toit de la nacelle 	<ul style="list-style-type: none"> - Favoriser l'utilisation du panier nacelle pour accéder au toit. - Fixer l'échelle portable aux barres antichute en cas d'utilisation. Une personne doit obligatoirement tenir le bas de l'échelle pendant l'installation de la fixation. - Installer une ligne de vie provisoire au centre de la nacelle et s'accrocher dès l'accès au toit. - Porter les EPI. Eviter le travail superposé. - Inspecter visuellement les instruments et le matériel de levage avant utilisation. Vérifier les certifications du matériel. - Eviter le travail sous la charge et guider l'opération par contact radio permanent. - Faire attention au placement des mains pendant le serrage des boulons avec la machine hydraulique. - Porter les EPI.
Préparation et montage au sol du rotor	<ul style="list-style-type: none"> - Chute de pièce - Blessures liées à l'utilisation d'outils 	<ul style="list-style-type: none"> - Travail sous charge suspendue - Utilisation d'outils électriques ou hydrauliques 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification des outils avant utilisation. - Faire attention au placement des mains pendant le serrage des boulons avec la machine hydraulique. - Porter les EPI.
Préparation des pales	<ul style="list-style-type: none"> - Blessures liées à l'utilisation d'outils 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation d'outils électriques ou hydrauliques 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification des outils avant utilisation. - Faire attention au placement des mains pendant le serrage des boulons avec la machine hydraulique. - Porter les EPI.
<i>Montage de la tour, montage de la nacelle, montage du rotor et des pales</i>			
Opérations de levage de la tour, de la nacelle, du rotor et des pales	<ul style="list-style-type: none"> - Chute de personne, d'outils ou de pièces - Blessures graves à fatales - Electrocution 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de la grue - Travail en hauteur - Travaux sous charge - Manutention de charges lourdes 	<ul style="list-style-type: none"> - Manipuler la section de tour depuis l'extérieur à l'aide des aimants. Travailler en équipe de 4 personnes minimum. - Porter les EPI. - Utiliser l'antichute adapté (approuvé, certifié et en bon état), et ne pas être à plusieurs sur la même section. - Ne pas utiliser l'échelle pour accrocher la corde pendant les travaux dans la tour, mais utiliser le filin ou le rail antichute. - Inspecter visuellement les instruments et le matériel de levage avant utilisation. - Garder les distances de sécurité pendant le montage. - Maintenir un contact radio permanent entre les chefs de manœuvre les grutiers, pendant toute la durée du montage. - Ne pas réaliser les opérations de levage si la vitesse du vent est supérieure à 10m/s - Maintenir une distance de sécurité par rapport aux lignes haute-tension. - Porter les EPI. - Travailler en équipe. Respecter les consignes de manutention. - Utiliser un harnais de sécurité pour tout personnel présent dans la nacelle. - S'attacher aux points d'ancrages indiqués pour tout personnel travaillant dans une zone non équipée de protection collective. - Favoriser le montage au sol. - Utiliser des mots clés entre le grutier et les équipes. - Favoriser l'utilisation du panier nacelle pour accéder au dessus de la pale. - Utiliser un sac pour la pale pour une vitesse de vent aux alentours de 8m/s pour guider l'assemblage. - Verrouiller l'arbre principal lors du levage des pales et avant qu'elles ne soient détachées de la grue. - Interdire le travail dans le moyeu lorsque la vitesse du vent est aux alentours de 15m/s.

Notice Hygiène et Sécurité		Condition dangereuse		Préconisations – Mesures préventives	
Opération	Danger	Serrage des boulons, outils avec système hydraulique			
Serrage des boulons et utilisation des outils avec système hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> - Blessures graves et réversibles - Mains et doigts bloqués - Danger d'absorption d'huile - Dommages matériels 	<ul style="list-style-type: none"> - Bruit - Manipulation d'outils électriques et hydrauliques 	<ul style="list-style-type: none"> - Porter les EPI - Surveillance à la médecine du travail - Vérifier les outils avant utilisation et les maintenir dans un excellent état. - Faire attention au placement des mains pendant le serrage des boulons avec la machine hydraulique. - Prendre connaissance des Fiches de Sécurité des produits utilisés. - Ne pas utiliser de gants non serrés quand vous utilisez un outil rotatif. - Vérifier la pression avant de travailler dans un système hydraulique. - Ne pas travailler dans un système hydraulique pendant que le système est sous pression. - Ne pas monter ou démonter les armatures tant que le système hydraulique est sous pression. - Ne pas intervenir dans un système hydraulique tant qu'une autre personne travaille dans le système. - Ne pas rechercher de fuites à la main. 		
Montage des câbles électriques					
Montage des câbles dans la tour, montage des câbles dans l'unité de contrôle, montage des câbles dans le transformateur	<ul style="list-style-type: none"> - Chute de personne - Chute du câble - Chocs électriques et feu - Electrocuton 	<ul style="list-style-type: none"> - Travail en hauteur 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser un filin de sécurité comme arrimage lorsque l'on travaille dans la tour. Les montants de l'échelle peuvent aussi être utilisés, mais jamais les barreaux. - Vérifier que les outils de levage sont conformes et que les inspections réglementaires sont en cours de validité. - Ne jamais brancher les contrôleurs au réseau électrique avant que tous les travaux ne soient terminés. - Vérifier le transformateur et le montage du câble avant la mise en place du courant. - Utiliser un équipement de mise à la terre lors d'opération dans l'aire du transformateur. - Vérifier que la nacelle est inoccupée à la mise sous tension. 		
Mise en service de la machine					
Dernières vérifications, mise sous tension de l'éolienne	<ul style="list-style-type: none"> - Electrocutons - Blessures ostéo-articulaires - Blessures fatales dues aux électrocutions et brûlures 	<ul style="list-style-type: none"> - Système hydraulique - Pièces rotatives 	<ul style="list-style-type: none"> - Respecter la formation ergonomique sur les travaux, les préconisations de gestes et de postures. - Porter les EPI et utiliser le tapis isolant et VAT. Habilitation électrique obligatoire. - Travailler par équipe de 2. - Vérifier Tous les branchements électriques avant de connecter la turbine au réseau et de la mettre en marche. - Bien fermer toutes les portes de l'armoire de commandes en raison des explosions. - Ne pas travailler pas sur des installations sous pression. - Vérifier que les condensateurs sont déchargés lors de travaux sur ceux-ci. Suivre le système d'inter verrouillage. - Vérifier que tous les caches de protection sont correctement mis en place avant de faire fonctionner le rotor. - Si nécessaire, garder une distance de sécurité afin de faire fonctionner le rotor sans les caches. - Verrouiller l'arbre principal avant qu'une quelconque opération ne soit effectuée dans le moyeu. - Verrouiller le système de commande à calage variable lorsque d'intervention dans le moyeu. - Interdire tout travail à des vitesses de vent supérieur à 15 m/s. - Utiliser des harnais de sécurité pour éviter toute chute. 		

1.3 La maintenance des éoliennes

Ce chapitre présente les principaux risques liés à la phase de maintenance des éoliennes. Il existe deux types de maintenance :

- la maintenance préventive : elle consiste à changer les composants des éoliennes suivant leur cycle de vie. De plus, suivant un calendrier précis, les éléments les plus sollicités sont régulièrement vérifiés par des entreprises compétentes.
- la maintenance curative : elle consiste à changer les composants lorsque ceux-ci sont en panne.

Vestas s'engage à assurer une maintenance préventive de ses machines. De plus, les éoliennes Vestas sont équipées d'un système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. Le parc éolien est ainsi relié à des centres de télésurveillance permettant le diagnostic et l'analyse de leur performance en permanence, ainsi que certaines actions à distance. Ce dispositif assure la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement. Il permet également de relancer aussitôt les éoliennes si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. En France, la surveillance se fait par région à la journée et les managers sont disponibles 24h/24.

En revanche, en cas d'arrêt liés à des déclenchements de capteurs de sécurité (survitesses, détecteur d'arc ou d'incendie,...), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut et acquiescer l'alarme avant de pouvoir relancer le démarrage.

La maintenance est généralement composée d'une à plusieurs équipes de deux personnes compétentes dont le rayon d'action n'excède pas la centaine de kilomètres. Ainsi, leur intervention est rapide toute l'année et 24h/24.

Parmi les principaux risques présentés par un ouvrage éolien on notera le risque électrique, le risque de chute, le risque mécanique et le risque hydraulique.

1.3.1 Le risque électrique

Le risque électrique existe d'une part lors de la phase des travaux et la mise en fonctionnement du parc éolien et d'autre part lors de phases de maintenance.

Le décret n°88-1056 du 14 novembre 1988 modifié et la circulaire d'application du 6 février 1989 modifiée, édictent les règles de protection des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques.

La section VI (article 45 à 55 inclus) précise plus particulièrement les conditions d'utilisation, de surveillance, d'entretien et de vérification des installations électriques.

Il est alors rappelé que :

- les conditions d'utilisation des appareils ne doivent pas s'écarter des conditions prescrites par le constructeur ;
- chacune des catégories du personnel doit être informée des risques électriques. Dans le cas contraire, l'employeur doit former et informer des risques et dangers. Il se doit également de s'assurer que les prescriptions de sécurité soient appliquées. Les travailleurs doivent signaler les défauts constatés. Enfin, ils doivent utiliser du matériel adéquat à la charge de travail et adapté en cas d'accident ;
- une surveillance doit être assurée et organisée.

Différentes règles sont à respecter pendant les phases de travaux :

- Les travaux d'installation sont effectués par des personnes qualifiées, connaissant les règles de sécurité en matière électrique. L'employeur se doit de fournir à chaque employé le recueil de prescriptions, complété éventuellement par des instructions de sécurité. La norme UTE C 18-510 regroupe l'ensemble des règles à respecter.

Notice Hygiène et Sécurité



- Les travaux hors tension des éoliennes sont effectués sous la direction d'un chargé de travaux, personne avertie des risques électriques et spécialement désignée à cet effet. Le protocole suivant doit être respecté :
 - 1) séparation de toutes les sources possibles d'énergie de façon apparente et maintenue par un système de blocage approprié ;
 - 2) vérification de l'absence de tension ;
 - 3) mise à la terre et en court-circuit des conducteurs actifs du circuit.

La tension doit être rétablie lorsque le chargé de travaux s'est assuré que toutes les personnes sont présentes à un point de rassemblement convenu à l'avance.

- Les travaux sous tension sont effectués lorsque les conditions d'exploitation rendent dangereuses ou impossibles la mise hors tension ou si la nature du travail requiert la présence de la tension. Les travaux seront confiés à des personnes compétentes et habilitées. Les travaux débuteront lorsqu'une personne avertie des risques électriques est désignée pour la surveillance des travailleurs.
- Les travaux effectués au voisinage des pièces sous tension seront entrepris si l'une au moins des conditions suivantes est satisfaite :
 - mise hors de portée de ces parties actives par éloignement, obstacle ou isolation des parties sous tension ;
 - exécution des travaux selon la méthode décrite « les travaux sous tension » ;
 - réalisation des travaux par une personne avertie des risques électriques, ayant suivi une formation, disposant d'un outillage approprié.

Une personne avertie des risques électriques devra surveiller la mise en application des mesures de sécurité prescrites.

1.3.2 Le risque de chute

1.3.2.1 Le risque de chute de personnes

Le risque de chute peut avoir lieu à l'intérieur ou à l'extérieur de l'éolienne.

L'accès à la nacelle s'effectue généralement grâce à un élévateur de personne ou à une échelle. L'échelle est équipée d'un rail et d'un coulisseau. L'opérateur doit-être équipé d'un harnais qui doit être relié au rail de sécurité via le stop chute. Tous les opérateurs intervenant dans la nacelle, ou en hauteur, doivent avoir une formation au travail en hauteur qui est renouvelée tous les 2 ans.

Des interventions à l'extérieure de la nacelle, certes occasionnelles, sont possibles afin d'effectuer :

- des contrôles écrous ;
- des travaux de peintures ;
- des réparations sur les pales ;
- des changements/réparations d'anémomètres, capteurs de vent ou de feux à éclats (balisage aéronautique).

De façon générale les salariés intervenants pour la maintenance doivent :

- être formés aux travaux en hauteur et aux ports des EPI (Equipements de Protection Individuels) ;
- porter des EPI : casque avec jugulaire, harnais anti-chute, port de chaussures de sécurité (cf. illustration 2) ;
- inspecter visuellement les EPI avant toute utilisation ;
- vérifier les EPI et les points d'ancrage sur l'éolienne en suivant les préconisations Vestas et la réglementation en vigueur.

Pour chaque intervention, les EPI seront vérifiés au préalable. De plus, les EPI font l'objet d'une inspection annuelle par le personnel formé et habilité à ces contrôles. Tout EPI détérioré, abimé ou non conforme est remplacé.

1.3.2.2 Le risque de chute d'objets

Divers cas de chutes existent :

- chute d'outils ;
- chute d'éléments brisés de l'éolienne.

Les conséquences sont plus ou moins importantes selon que la chute ait lieu dans l'éolienne ou à l'extérieur.

Vestas impose alors que :

- chaque salarié soit équipé de sac à fermeture sûre (fermeture éclair ou velcro), avec des anses de préhension en partie haute afin de l'accrocher lors de l'ascension ;
- des sacs de levage soient prévus pour transporter les outils par le palan, ceux-ci seront vérifiés chaque année ;
- chaque salarié soit équipé de vêtements comportant diverses poches afin de faciliter l'intervention in situ. Les mains restent alors libres ;
- les objets dépassant 5 kg soient transportés via le palan de la nacelle ;
- chaque salarié soit muni d'un casque à jugulaire ;
- chaque salarié resté au sol, soit distant de quelques dizaines de mètres et ne reste pas sous la trappe de la nacelle, lorsque le palan fonctionne.

Le tableau suivant reprend les principales situations à risque rencontrées lors des travaux de maintenance. Des préconisations d'atténuation, voire de suppression des risques sont également indiquées.

Notice Hygiène et Sécurité	Opération	Risque	Condition dangereuse	Préconisations - Mesures préventives
		Risques de chutes (même niveau ou niveaux différents)	Risques de chutes (même niveau ou niveaux différents)	- risque de coup / heurts - risque de chute d'objets
				<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser les rampes dans les escaliers. - Faire extrêmement attention en marchant sur le terrain. - Ne pas courir. - Signaler et/ou protéger les zones présentant des dénivelés ou des irrégularités temporaires. - Signaler et interdire d'accès les surfaces rendues glissantes à cause de la pluie. - Reporter sans attendre toute situation dangereuse et mettre en place des mesures adéquates le plus tôt possible. - Se déplacer de façon adéquate : escaliers, couloirs, surfaces avec traitement antidérapant, etc. - Faire extrêmement attention en se déplaçant à l'intérieur de la turbine. - Utiliser obligatoirement le système antichute composé d'un harnais, de la ligne de vie et du dispositif d'ancrage. - Maintenir fermées les trappes de la tour et de la nacelle. - S'ancrer à des points homologués ou à des ancrages improvisés résistants à une charge minimale de 1 000 Kg. - Utiliser des dispositifs de fixation directement entre le point d'ancrage et le harnais, sans élément intermédiaire. - Coordonner les travaux superposés. Les éviter le plus possible. - Utiliser d'autres systèmes alternatifs de ligne de vie (double ancrage, corde d'assurance provisoire, etc.) s'il n'y a pas de ligne de vie ou s'il n'est pas dans un état approprié. - S'attacher au préalable à un point fixe au moyen d'un élément d'attache et d'un absorbeur avant de se détacher ou de s'attacher à la ligne de vie sur les plateformes à plus de 2 mètres de hauteur. - Faire usage des plateformes intermédiaires sur l'échelle et utiliser l'aide à la montée si celui-ci est disponible. - Contrôler l'équipement de sécurité avant de commencer à travailler. - Jeter tout équipement endommagé.
Travaux de maintenance		<ul style="list-style-type: none"> - Chute au même niveau - Chute à un niveau inférieur 	<ul style="list-style-type: none"> - Surfaces irrégulières, escaliers - Travaux en hauteur - Déplacements verticaux 	
Travaux de maintenance		<ul style="list-style-type: none"> - Objets sur passage - Surfaces glissantes - Coups contre objets fixés - Faux pas 	<ul style="list-style-type: none"> - Manque d'ordre et de propreté - Eléments de l'aérogénérateur - Eclairage insuffisant 	<ul style="list-style-type: none"> - Ranger les équipements et les outils. - Ne pas déposer de matériels dans des lieux dangereux pouvant tomber à des niveaux inférieurs ou encombrer. - Nettoyer immédiatement les restes et fuites d'huile, de graisses, d'eau et de liquides réfrigérants. - Utiliser un casque de sécurité. - Se déplacer par les surfaces destinées à cet effet. - Ajuster le niveau d'éclairage en fonction des exigences visuelles relatives aux travaux, ce niveau ne doit jamais être inférieur à 200 lux dans la nacelle et dans la tour. - Utiliser la lampe frontale si besoin
Utilisation des élévateurs personnels		<ul style="list-style-type: none"> - Divers 		<ul style="list-style-type: none"> - Réserver l'utilisation des élévateurs au seul personnel formé à l'utilisation, à l'inspection préalable, aux normes de sécurité et aux dispositifs d'urgence. - Maintenir les portes fermées pendant la montée. - Appuyer sur le bouton d'urgence pour monter ou descendre de la cabine. - Ne pas utiliser lorsque la vitesse du vent est supérieure à 18 m/s. - Port du harnais obligatoire. - se tenir éloigné du trou de l'élévateur pour le personnel se trouvant sur les plates-formes de la tour sur les parcours de l'élévateur. - Ne pas actionner les dispositifs d'arrêt externes lorsque l'élévateur est en marche. - Ne pas modifier ou intervenir sur une quelconque pièce de l'ascenseur, notamment les pièces affectant les conditions de sécurité. - Procéder aux vérifications périodiques réglementaires.
Travail sur la nacelle		<ul style="list-style-type: none"> - Chute 	<ul style="list-style-type: none"> - Ouvertures sans protection possibles (trappe d'accès de la nacelle) - Travail sur la face extérieure de la nacelle 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser des systèmes de ligne de vie, des chaussures de protection à semelles antidérapantes et un casque de sécurité avec jugulaire. - Etre particulièrement prudent lors de tout déplacement.
Travaux de maintenance		<ul style="list-style-type: none"> - Chute d'objets non fixés 	<ul style="list-style-type: none"> - Elévation de matériel à la turbine 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser des sacs et des éléments de hissage homologués et appropriés au matériel à hisser. - Ne pas monter avec des outils dans les mains ou les poches. Utiliser des ceintures porte-outils. - Ne pas rester sous des charges suspendues. Ne pas utiliser les lignes de vie simultanément. - Ne pas garer de véhicules sous la nacelle. - Monter les objets lourds à l'aide du palan interne.

Notice Hygiène et Sécurité				
Operation	Risque	Condition dangereuse	Préconisations - Mesures préventives	
Travaux électriques : haute et basse tension	- Travaux comportant des risques électriques	- Electrocutation - Brûlures - Coups	Risque électrique - Seul le personnel autorisé ou formé par l'entreprise peut effectuer des travaux comportant des risques électriques. - Utiliser les équipements de protection pour travailler sur des éléments à haute tension (gants de sécurité, tabouret/tapis isolants, écran facial). - Effectuer les travaux hors tension. - Maintenir les armoires électriques et les boîtiers de connexions fermés. - Ne pas travailler en portant des éléments métalliques qui pourraient causer un court-circuit (montres, chaînettes, etc.). - Coordonner les consignations pour les manoeuvres. - Tout travail effectué dans la zone d'accès limité du transformateur doit être préalablement autorisé et soumis à une procédure définissant l'ordre dans lequel les opérations seront réalisées, le matériel et les mesures de protection et les circonstances qui pourraient donner lieu à une interruption des travaux.	
			- Fuites de gaz causant des lésions de divers degrés suite à une intoxication	- Réaliser une maintenance périodique des zones où ce type de substance est présent. - Ne jamais manger ou boire dans la zone sans s'être lavé les mains au préalable. - Garder les vêtements et outils, composants et résidus dans des sacs hermétiquement fermés jusqu'à ce qu'ils soient nettoyés ou enterrés.
			- Contacts électriques	- Effectuer tous les travaux sur les installations électriques ou à proximité de celles- sans alimentation si possible. - Coordonner tout travail impliquant une décharge électrique, obtenir une autorisation écrite avant toute intervention et suivre la procédure définissant l'ordre dans lequel les opérations seront réalisées, le matériel et les mesures de protection utilisés et les circonstances qui pourraient donner lieu à une interruption des travaux. - Déconnecter et reconnecter le réseau électrique lors de travail avec respectivement la haute et basse tension avec les travailleurs habilités et qualifiés pour cette opération. - Isoler correctement les conducteurs électriques et les doter d'un dispositif VAT. - Ne pas travailler en portant des éléments métalliques qui pourraient causer un court-circuit (montres, chaînettes, etc.). - Arrêter tout travail en cours sur les conducteurs à nu ou sur tout équipement électrique connecté sur ces derniers en cas de tempête imminente.
Local SCADA / poste de livraison			- Mettre un casque de sécurité, une visière prévue pour le soudage à l'arc, des gants diélectriques avec des éléments de protection mécanique contre les coupures, perforations et autres, ainsi que des chaussures de sécurité et utilisation des tapis lors de toute intervention..	
Travaux de maintenance	- Accrochage	- Eléments rotatifs	Risque hydraulique - Protéger les éléments rotatifs. - Bloquer l'actionnement de ceux-ci avant d'y travailler. - En cas de risque d'accrochage, ne pas porter le harnais de sécurité si des bandes dépassent ou restent ballantes. - Prévenir les autres employés avant de mettre en marche des éléments rotatifs. - Equiper les machines de mécanismes de freinage et d'arrêt disposant d'un dispositif d'urgence doté de commandes faciles d'accès et facilement réparables. - Porter des vêtements près du corps	
			Utilisation d'outils - Tous les outils doivent être marqués CE, en bon état d'utilisation et révisés régulièrement (mini tous les ans). - Vérifier les outils avant leur utilisation. - Utiliser les équipements de protection correspondant au travail à effectuer. - Utiliser les machines et les outils conformément aux spécifications des manuels. - Ne pas bloquer les dispositifs de sécurité. - Garder les outils de coupe ou ceux à bouts pointus dans des housses de protection en cuir ou en métal afin de prévenir toute lésion en cas de contact accidentel. - Ne jamais enlever les chutes de coupe sans porter de gants. - Utiliser des gants mécaniques comportant une protection appropriée contre les coupures, perforations, etc. - Suivre la notice d'utilisation du fabricant. - Vérifier l'étiquette d'inspection de la clé, des tubes et de la pompe. - Réaliser une inspection visuelle préalable.	

Notice Hygiène et Sécurité		Préconisations - Mesures préventives	
Opération	Risque	Condition dangereuse	
			<ul style="list-style-type: none"> - Effectuer le placement de la clé et l'actonnement du boîtier de commande par la même personne. - Effectuer une maintenance adéquate et des révisions périodiques de l'ensemble des équipements dotés de liquides sous pression. - Ne changer aucune pièce tant que les installations sont sous pression. - Mettre correctement en place tous les caches avant la mise en rotation de la turbine. Garder une distance de sécurité s'il est nécessaire de démarrer la rotation sans les caches.
Risque d'incendie			
Travaux de maintenance	- Incendie	- Travaux à chaud	<ul style="list-style-type: none"> - Interdire tous les travaux à chaud (pouvant provoquer un incendie), sauf autorisation écrite et conforme aux normes correspondantes. - Mettre en place un permis de feu obligatoire. Les EPI minimum sont bottes, gants, casque et lunettes, habits couvrants.
Risque chimique			
Utilisation de produits chimiques	<ul style="list-style-type: none"> - Projection de liquides et de particules - Projections - Irritations - Autres 	<ul style="list-style-type: none"> - Travaux avec produits chimiques - Particules projetées par le vent - Manipulation de produits chimiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser des lunettes / masque / visière/ gants de sécurité en cas de risque de projection de particules par le vent ou autres. - Lire la fiche de sécurité du produit chimique à utiliser. Les consignes de sécurité mentionnées doivent être respectées. - Disposer d'un extincteur en cas de travail avec des produits inflammables. - Vérifier que les contenants possèdent tous leurs labels (avec les pictogrammes appropriés) - Maintenir un système de ventilation approprié dans tous les espaces afin d'éviter l'accumulation de vapeurs émises par des produits chimiques qui rendent l'atmosphère d'un espace difficilement respirable. - Réaliser une étude risque chimique
Isolément et communication			
Travaux de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Isolément - Incoordination 	<ul style="list-style-type: none"> - Travaux en solitaire - Manque de communication 	<ul style="list-style-type: none"> - Effectuer les travaux dans les aérogénérateurs par des équipes de deux personnes minimum. - Interdire les travaux en solitaire dès lors qu'il y a port d'EPI de catégorie III. - Mettre en place un plan d'urgence spécifique en cas de travail en isolement. - Utiliser des dispositifs de radio pour communiquer entre employés. - Contrôler les niveaux des batteries des dispositifs de radio avant de commencer les travaux.
Manutention			
Travaux de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Luxations - Entorses - Lombalgies - Lésions dorsolombaires 	<ul style="list-style-type: none"> - Ergonomie - Manipulation manuelle de charges 	<ul style="list-style-type: none"> - Effectuer des pauses lors des travaux en position forcée. - Effectuer des rotations avec les autres employés lors des travaux en position forcée. - Utiliser des moyens de manipulation mécanique. - Mettre en pratique les normes de base de manipulation manuelle des charges. - Formation ergonomique intégrée au cursus de formations des nouveaux embauchés. - Modifier les instructions de travail si non applicables ou obsolètes. - Effectuer le travail avec des équipes renforcées - Effectuer une formation ergonomique sur les travaux à risques et le respect des préconisations gestes et postures. - Ne pas manipuler de charge supérieure à 21 kg pour un employé. - Ne pas manipuler de charge supérieure à 36 kg pour deux employés.
Conditions météorologiques			
Travaux de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Malaises - Exposition aux UV 	<ul style="list-style-type: none"> - Conditions météorologiques défavorables (températures extrêmes, faible luminosité ou travail nocturne ...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre des vêtements d'extérieur et des vêtements qui protègent du soleil et de la pluie. - Porter des lunettes de soleil en cas de forte luminosité. - Mettre des vêtements fins et assurer une hydratation continue avec un apport de sels minéraux (eau fraîche de préférence) en cas de températures élevées. - Adapter les horaires de travail (début minimal si maintenance programmée). - Ventiler la nacelle (ouverture des skylight). - Utiliser au maximum les équipements mécaniques disponibles (monte personnes, palan interne, ...) pour éviter toute surcharge physique de travail. - Prévoir un groupe électrogène et des éclairages si nécessaire. - Ne jamais commencer un travail sans éclairage.
Travaux de maintenance	- Dommages personnels	- Conditions météorologiques	<ul style="list-style-type: none"> - Interrompre tout travail en cas de conditions météorologiques extrêmes et personne ne doit rester dans le parc

Notice Hygiène et Sécurité			
Opération	Risque	Condition dangereuse	Préconisations - Mesures préventives
	- Situations d'urgence	extrêmes (tempête, vent fort orage, ...)	éolien. - Ne pas rester dans l'aérogénérateur ni dans le parc éolien en cas d'orage. Une fois l'orage terminé, attendre un minimum de deux heures avant de retourner dans les aérogénérateurs (présence d'électricité statique). - Préciser les recommandations liées à la vitesse du vent à partir de laquelle les travaux sont interrompus, en cas de doute, l'évacuation du site prévaut.
Formation			
Travaux de maintenance	- Divers	- Manque de formation et d'informations	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place un cycle complet de formation avant d'envoyer les techniciens en missions : <ul style="list-style-type: none"> o Formation travaux en hauteur o Pratiques de secours et d'évacuation o Formation au manuel de sécurité (Délivrance du manuel de sécurité) o Formation électrique o Formation secourisme o Formation manipulation d'extincteurs o Formation ergonomique (dès 3 mois d'ancienneté) - Revoir périodiquement les formations, celles-ci feront l'objet de tests. - Dispenser des formations techniques. - Mettre en place un système de parrainage pour ne pas avoir deux débutants dans une même équipe.

1.3.3 Les équipements de protection individuelle (EPI)

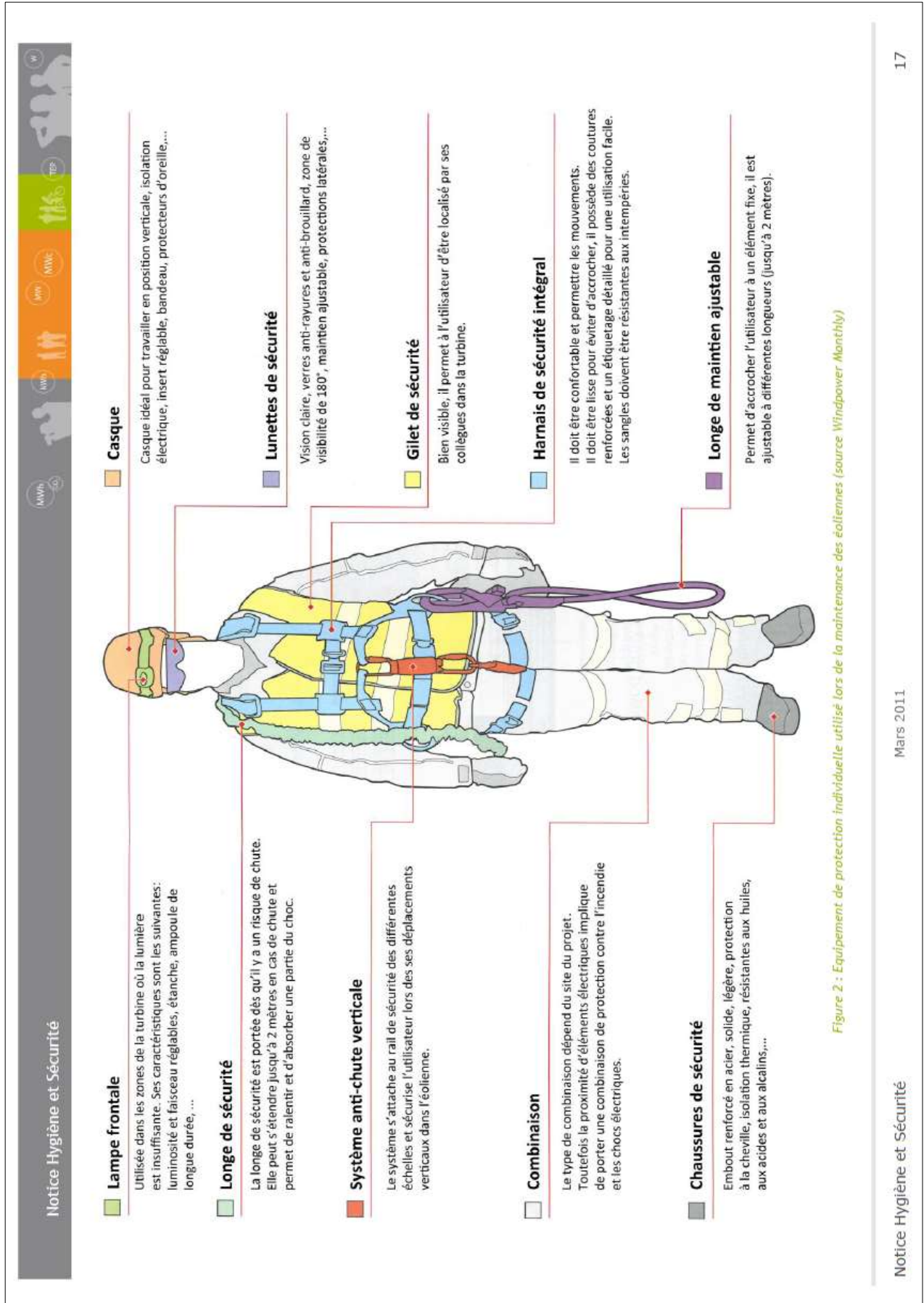
L'appellation " EPI " s'applique à tout dispositif ou moyen destiné à être porté ou tenu par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa santé ainsi que sa sécurité.

Selon la Directive 89/656/CEE du Conseil, du 30 novembre 1989 :

- l'employeur se doit de fournir un équipement de protection individuelle conforme aux dispositions communautaires relatives à la conception et à la construction en matière de sécurité et de santé le concernant. Dans tous les cas, un équipement de protection individuelle doit :
 - être approprié par rapport aux risques à prévenir, sans induire lui-même un risque accru;
 - répondre aux conditions existant sur le lieu de travail;
 - tenir compte des exigences ergonomiques et de santé du travailleur;
 - convenir au porteur, après tout ajustement nécessaire.
- Les conditions dans lesquelles un équipement de protection individuelle doit être utilisé, notamment celles concernant la durée du port, sont déterminées en fonction de la gravité du risque, de la fréquence de l'exposition au risque et des caractéristiques du poste de travail de chaque travailleur ainsi que des performances de l'équipement de protection individuelle.
- Les équipements de protection individuelle doivent être fournis gratuitement par l'employeur qui assure leur bon fonctionnement et leur état hygiénique satisfaisant par les entretiens, réparations et remplacements nécessaires.
- L'employeur informe préalablement le travailleur des risques contre lesquels le port de l'équipement de protection individuelle le protège.
- L'employeur assure une formation et organise, le cas échéant, un entraînement au port des équipements de protection individuelle.

Dans le Code du Travail, l'article L4321-1 précise que « *les équipements de travail et les moyens de protection mis en service ou utilisés dans les établissements destinés à recevoir des travailleurs sont équipés, installés, utilisés, réglés et maintenus de manière à préserver la santé et la sécurité des travailleurs, y compris en cas de modification de ces équipements de travail et de ces moyens de protection* ».

L'illustration suivante présente les EPI couramment utilisés dans le cadre de la maintenance des éoliennes.



1.3.4 Plan d'urgence

Lors de la phase de chantier, une trousse de premier secours sera à disposition à la base de vie Vestas et dans les véhicules des responsables de chantier : son contenu, apte à permettre les soins de base, devra être renouvelé après chaque intervention.

En cas d'urgence, un plan de secours avec les points de rassemblement devra être communiqué à Vestas par le coordonnateur SPS ou par le maître d'ouvrage (cf. illustration suivante). Le personnel de Vestas devra se rassembler au point de rassemblement désigné par le maître d'ouvrage et indiqué aux employés lors de l'accueil chantier.

Tout accident, toute forme de blessure, liés au travail sur le site doivent être signalés au coordonnateur SPS pour lequel l'employé concerné travaillait au moment de l'accident, puis consigné dans le registre des accidents. L'incident est également rapporté au responsable Vestas sur le chantier et au service QSE.

Les employés de maintenance et de construction seront formés aux différentes méthodes d'évacuation comme l'utilisation du système d'évacuation d'urgence depuis l'intérieur de la nacelle. Une trousse de secours est disponible dans chaque véhicule de service, son contenu est renouvelé après chaque intervention et chaque année.

Les adresses et les noms des services d'urgence à contacter en cas d'accidents seront renseignés sur le Plan d'urgence affiché en pied de tour et au niveau de la nacelle.

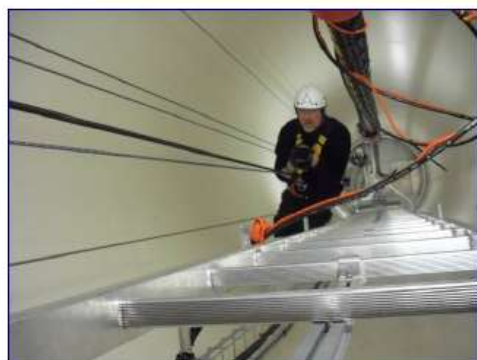
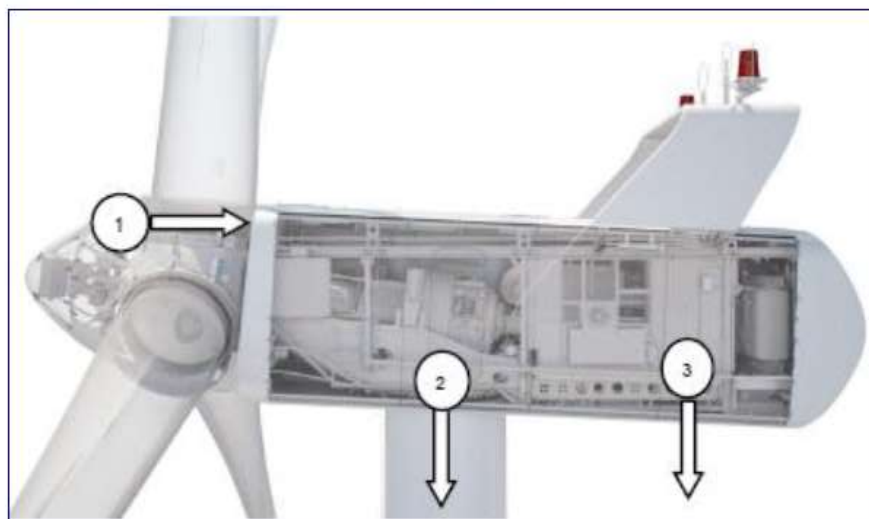


Figure 3 : Exemple d'évacuation et de sauvetage

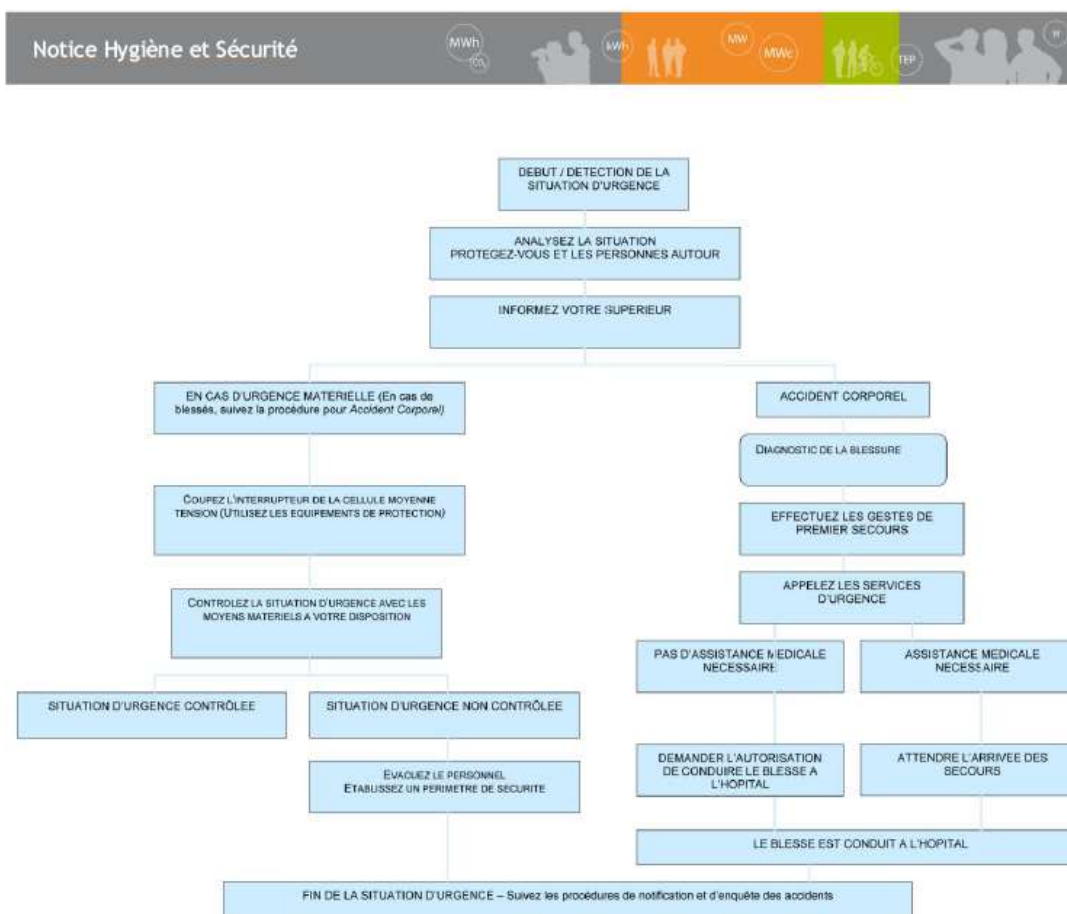


Figure 4 : Plan d'urgence Vestas

1.4 Conclusion

Le montage d'éoliennes ainsi que leur maintenance présentent des risques professionnels.

Des réunions préalables avec les différents corps de métiers intervenant sur le site, avec l'appui de professionnels (CARSAT, DDTM), permettent de hiérarchiser les étapes de montage des éoliennes et ainsi d'anticiper les principales sources accidentogènes. Elles permettent de coordonner les tâches de chaque intervenant à la construction.

La phase montage présente des risques connus par les sociétés de BTP (terrassement, fondation, ...). La topographie et l'accès souvent en recul des voies de dessertes « classiques » sont des facteurs d'accentuation.

En fonctionnement, le parc éolien devra subir une maintenance rigoureuse, préventive et programmée avec le constructeur. Des équipes de deux personnes iront régulièrement vérifier l'ensemble du parc éolien.


Les principaux risques liés à cette phase sont principalement des risques d'ordre électrique et de chute.

De façon générale, à chaque étape de fonctionnement du parc (lors du montage et de la phase d'exploitation), il faudra veiller :

- à l'aptitude physique des employés ;
- au rappel et au respect des consignes de sécurité (port des EPI, organisation du chantier,...) ;
- au respect d'utilisation stricte et prescrite des outils ;
- à la formation et à son suivi quant au travail en hauteur,
- à la formation et la prévention du risque électrique.

Annexe 7 – Arrêté 2005/169 portant création d'une distance d'éloignement pour la construction d'éoliennes à production d'électricité

0324596818


Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PREFECTURE DES ARDENNES

DIRECTION DES RELATIONS
AVEC LES COLLECTIVITÉS LOCALES
BUREAU DE L'URBANISME,
DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE LA CULTURE
Thiry P/éoliennes/ 2005/

ARRETE N°2005/ 169

**PORTANT CREATION D'UNE DISTANCE D'ELOIGNEMENT
POUR LA CONSTRUCTION D'EOLIENNES A PRODUCTION D'ELECTRICITE**

Le Préfet des Ardennes
Chevalier de la Légion d'honneur,

Vu le code de l'urbanisme et notamment son article R 111-2;

Vu la directive 1996/92/CE du 19 décembre 1996 pour le marché intérieur de l'électricité ;

Vu la directive 2001/77/CE du 27 septembre 2001 relative au choix en faveur des énergies renouvelables ;

Vu la loi n° 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité ;

Vu la loi n° 2003-8 du 3 janvier 2003 relative aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie ;

Vu la loi n° 2003-590 du 2 juillet 2003 urbanisme et habitat;

Vu le décret n° 92.604 du 1^{er} juillet 1992 portant charte de la déconcentration ;

Vu le décret n° 2000-877 du 7 septembre 2000 relatif à l'autorisation d'exploiter les installations de production électrique ;

Vu le décret n° 2000-1196 du 6 décembre 2000 relatif à l'obligation d'achat d'électricité

Vu le décret n° 2001-410 du 10 mai 2001 modifié par le décret n° 2003-282 du 27 mars 2003 relatif aux conditions d'achat de l'électricité ;

0324596818

Vu le décret n° 2003-229 du 13 mars 2003 relatif aux prescriptions techniques générales de conception de fonctionnement ;

Vu le décret du 9 janvier 2004 nommant M. Adolphe Colrat en qualité de préfet des Ardennes;

Vu le décret modifié n° 2004-374 du 29 avril 2004 relatif aux pouvoirs des préfets, à l'organisation et à l'action des services de l'Etat dans les régions et départements ;

Vu l'arrêté n° 2005/153 du 1er juillet 2005 portant délégation à M. Antoine Pichon, secrétaire général par intérim de la préfecture des Ardennes ;

Vu la circulaire du 3 mai 2002 instituant un guide général pour l'instruction des dossiers de projet éolien ;

Vu la circulaire interministérielle du 10 septembre 2003 relative aux procédures liées à un projet éolien ;

Vu l'avis du comité départemental éolien en date du 17 décembre 2004 ;

Vu les avis du président du conseil général du 19 mai 2005 et 24 juin 2005,

Considérant que les normes internationales et européennes sont en attente d'être transposées dans l'ordre juridique français ;

Considérant qu'aucune règle de sécurité concernant l'implantation et la construction n'ont été établies en concertation avec les professionnels de l'éolien ;

Considérant que la mission du Conseil Général des Mines suggère, pour certaines dispositions de sécurité, le recours aux règles qui sont appliquées dans le domaine des permis de construire.

Sur la proposition du directeur du département de l'Équipement,

ARRETE

article 1 : Toute éolienne destinée à la production d'électricité construite dans le département des Ardennes devra être édifiée avec une distance de recul par rapport à la limite de la plate forme des voies de circulation citées à l'article 2.

Cette distance sera, au minimum égale à une fois la hauteur de cette éolienne (pale comprise).

Article 2 : La distance de recul fixée au précédent article pour l'implantation d'éoliennes concerne :

- les autoroutes ;
- les routes nationales ;
- les routes départementales,

Article 3 : Pour les voies autres que celles visées à articles 2, les distances de recul seront précisées par le gestionnaire de la voie.

0324596818

Article 4 : Le secrétaire général de la préfecture, le président du conseil général et le directeur départemental de l'équipement sont chargés, chacun pour ce qui les concerne, d'assurer l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au recueil des actes administratifs de la préfecture des Ardennes et des services déconcentrés de l'Etat et dont copie sera adressée, pour information, au président du conseil général et au directeur régional de l'environnement de Champagne Ardenne.

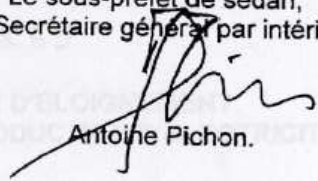
DIRECTION DES RELATIONS
AVEC LES COLLECTIVITÉS LOCALES

BUREAU DE L'URBANISME
DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE LA CULTURE

Charleville-Mézières, le

8 juillet 2005

P/le préfet et par délégation
Le sous-préfet de sedan,
Secrétaire général par intérim,


Antoine Pichon.

ARRÊTÉ N°2005/

PORTANT DÉTERMINATION D'UNE DISTANCE D'ÉLOIGNEMENT
POUR LA CONSTRUCTION D'ÉOLIENNES À PRODUCTION ÉLECTRIQUE

Le Préfet des Ardennes
Chevalier de la Légion d'honneur.

Vu le code de l'urbanisme et notamment son article R 111-2.

Vu la directive 1996/91/CE du 19 décembre 1996 pour le marché intérieur de l'électricité.

Vu la directive 2001/77/CE du 27 septembre 2001 relative au choix en faveur des énergies renouvelables.

Vu la loi n° 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité.

Vu la loi n° 2003-8 du 3 janvier 2003 relative aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie.

Vu la loi n° 2003-590 du 2 juillet 2003 urbanisme et habitat.

Vu le décret n° 92-804 du 1^{er} juillet 1992 portant charte de la déconcentration.

Vu le décret n° 2000-877 du 7 septembre 2000 relatif à l'autorisation d'exploiter les installations de production électrique.

Vu le décret n° 2000-1196 du 6 décembre 2000 relatif à l'obligation d'achat d'électricité.

Vu le décret n° 2001-410 du 10 mai 2001 modifié par le décret n° 2003-282 du 27 mars 2003 relatif aux conditions d'achat de l'électricité.

Annexe 8 – Courrier de GRT Gaz



EINGEGANGEN 26. März 2018

Direction des Opérations
Pôle Exploitation Nord Est
Département Maintenance, Données et Travaux Tiers
Boulevard de la République
BP 34
62232 Annezin

Green Energy 3000
Torgauer Str. 231
D-04347 LEIPZIG

Affaire suivie par : Monsieur QUENTIN Florian

VOS RÉF. Courrier du 13/02/18
NOS RÉF. P2018-001104
INTERLOCUTEUR Centre Travaux Tiers et Urbanisme (03.21.64.79.29)
OBJET Projet Eolien sur FERE-CHAMPENOISE - 51

Annezin, le 19/03/2018

Monsieur,

Nous avons bien pris note du projet de création de Parc Éolien sur le territoire de la commune citée en référence.

Nous confirmons la proximité de notre ouvrage de transport de gaz naturel haute pression :

Canalisation	DN	PMS (bar)	Largeur des effets dominos (1) - 8 kW/m ² (m)
DN200-2015-FERE-CHAMPENOISE-CONNANTRE (CI TEREOS)	200	67,7	55

(1) Bande des effets dominos, située de part et d'autre des ouvrages, associée au phénomène dangereux de référence majorant.

Le Maître d'ouvrage du projet doit tenir compte, dans l'Étude De Dangers de son installation, de l'existence de nos ouvrages de transport de gaz et prévoir toutes dispositions afin qu'un incident ou un accident de son Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) n'ait pas d'impact sur nos ouvrages.

Les projets éoliens sont classés ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement), et doivent être conformes à la norme IEC 61400-1 qui fixe les prescriptions relatives à la sécurité de la structure de l'éolienne, de ses parties mécaniques et électriques et de son système de commande.

Pour information afin d'élaborer ses études de dangers, comme mentionnée à l'article R. 555-39 du code de l'environnement, GRTgaz s'appuie entre autres sur le Guide professionnel du GESIP intitulé « Guide méthodologique pour la réalisation d'une étude de dangers » qui traite notamment le sujet suivant en son article 10 :

SA au capital de 538 165 490 euros
#PIED_PAGE_LIGNE_2#
www.grtgaz.com

Page 1 sur 3



– la distance minimale et les mesures de sécurité vis-à-vis des installations classées pour la protection de l'environnement, notamment celles susceptibles de produire des interactions en fonctionnement normal ou en cas d'accident (par exemple d'autres canalisations parallèles ou en croisement, ou des lignes électriques, ou des éoliennes).

De ce fait, en ce qui concerne l'implantation de parc éolien au regard des ouvrages de transport de gaz naturel existants, la distance minimale à respecter entre nos ouvrages et une éolienne doit être supérieure ou égale à 2 fois la hauteur totale de l'aérogénérateur (longueur d'une pale ajoutée à la hauteur de la tour).

Cette distance minimale d'éloignement préconisée, permet de garantir que les vibrations générées par l'impact sur le sol en cas de chute de l'éolienne ou du rotor ne remettent pas en cause l'intégrité de la canalisation et éviter ainsi son éclatement.

Les conséquences d'un tel incident généreraient une zone à risques d'effets DOMINO de part et d'autre de l'ouvrage et impliqueraient l'arrêt du transit de gaz, par conséquence l'arrêt de la livraison de gaz sur les postes de distribution publics et industriels.

Cette distance est donc compatible avec nos préconisations, nous n'avons pas d'observation à émettre sur le projet d'implantation des éoliennes qui ne dépassent pas 150m (hauteur totale tour + pale) suivant les caractéristiques fournies en 2015.

Par ailleurs, les aspects électriques HTA devant être analysés à moins de 500 m de notre ouvrage, nous souhaitons également avoir le plan définitif des différentes liaisons électriques, l'implantation du poste ainsi que les mises à la terre afin d'étudier les possibles interactions avec notre protection cathodique protégeant nos canalisations et définir ainsi les mesures correctives si nécessaires.

Il conviendra que les aménagements et constructions connexes (voiries incluses) respectent les recommandations techniques jointes en annexe au courrier et fassent l'objet d'une concertation avec nos services afin d'éviter toute atteinte à nos ouvrages.

Vous trouverez également en pièce-jointe un plan approximatif de nos ouvrages. En cas de nécessité, notre interlocuteur technique du secteur de TROYES (03.25.74.71.75), peut effectuer à titre gracieux, à la demande du maître d'ouvrage ou du maître d'œuvre, le repérage de notre canalisation sur le terrain et la matérialisation de la bande de servitude.

Enfin, d'une manière générale pour tous les projets et travaux, le Code de l'Environnement – Livre V – Titre V – Chapitre IV impose à tout responsable d'un projet de travaux, sur le domaine public comme dans les propriétés privées, de consulter le Guichet Unique des réseaux (téléservice www.reseaux-et-canalisation.gouv.fr) afin de prendre connaissance des nom et adresse des exploitants de réseaux présents à proximité de son projet, puis de leur adresser une Déclaration de projet de Travaux (DT).

Les exécutants de travaux doivent également consulter le Guichet Unique des réseaux et adresser aux exploitants s'étant déclarés concernés par le projet une Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT).

Cette obligation concerne également les accès au chantier, notamment le passage des convois au-dessus de nos ouvrages qui sont susceptibles de créer des contraintes nécessitant la pose de protections mécaniques.

Conformément à l'article R.554-26 du Code de l'Environnement, lorsque le nom de GRTgaz est indiqué en réponse à la consultation du Guichet Unique des réseaux, **les travaux ne peuvent être entrepris tant que GRTgaz n'a pas répondu à la DICT.**

De plus, tout travail de terrassement au droit de notre canalisation ne pourra être réalisé qu'en présence d'un représentant de GRTgaz.



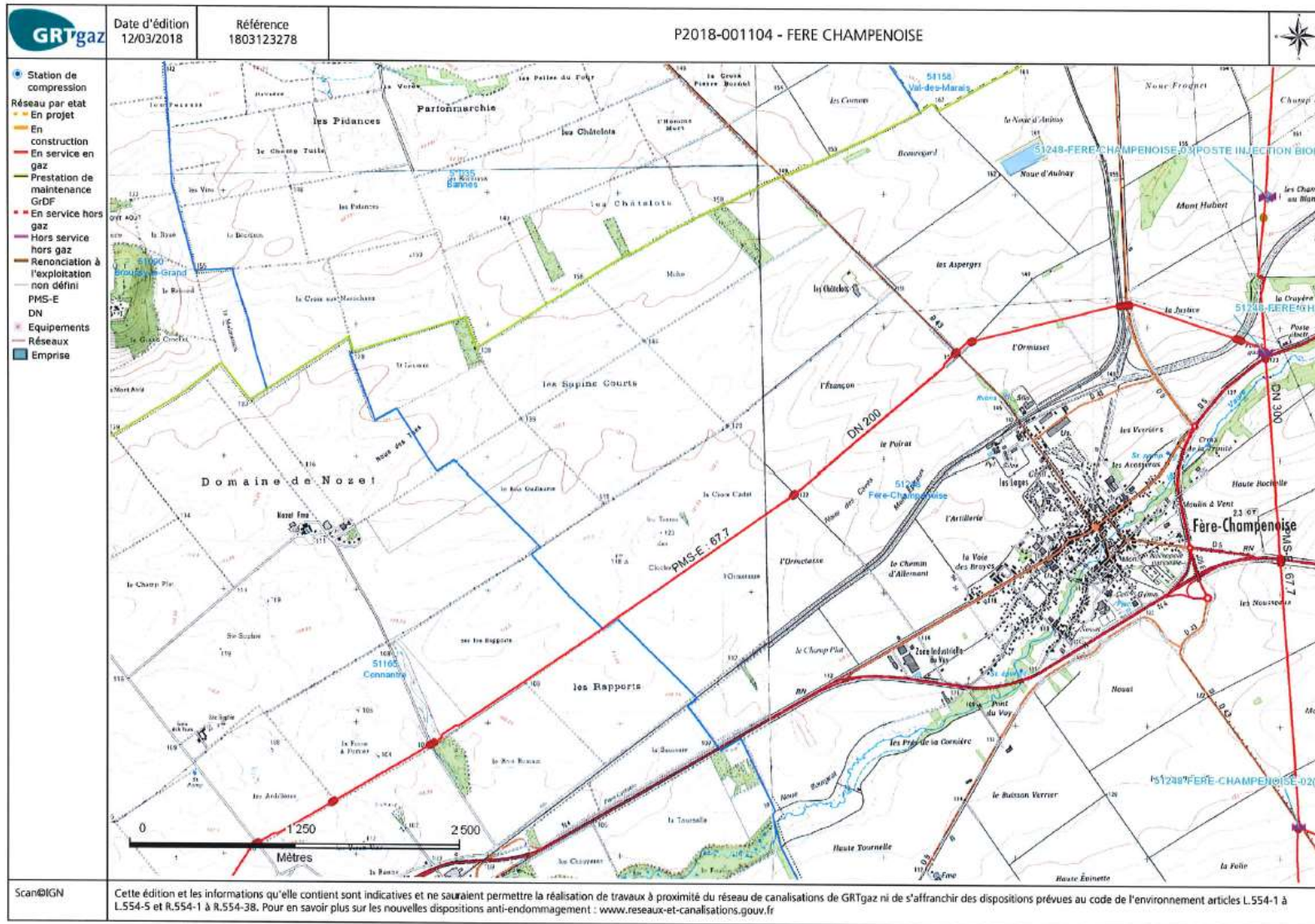
Nous restons à votre disposition pour tout renseignement complémentaire et vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de notre considération distinguée.

Patrice DUBOURG

Responsable du Département Maintenance, Données et
Travaux Tiers


P.D.-M.C.

P.J. : - Recommandations techniques applicables pour les projets d'aménagements ou de travaux à proximité de nos ouvrages de transport de gaz naturel
- Plan de situation approximative de nos ouvrages



Annexe 9 – Avis de RTE du 06 décembre 2019 concernant la ligne électrique environnante à la zone de projet



VOS REF. : E-mail du 22/11/2019
NOS REF. : LE-MAIN-CML-GMR-CA-Appui Env.T-19-320
INTERLOCUTEUR : Catherine PASSAQUIT
TEL. : 03 26 05 53 01
FAX : 03 26 05 53 25
MAIL : rte-cm-ll-gmr-ca-envt-hiers@rte-france.com
OBJET : Projet éolien sur la commune de FERE CHAMPENOISE (51)

GREEN ENERGY
Parc Technologique de Lyon
333 Cours du 3^{ème} Millénaire
69800 SAINT PRIEST
A l'attention de Madame Sélomé Agbessi

Reims, le 06/12/2019

Madame,

Par la présente, nous revenons vers vous concernant votre **projet de parc éolien** situé sur la commune de **FERE CHAMPENOISE (51)**.

Suite à nos échanges téléphoniques et à votre dernier mail en date du 22/11/2019, et d'après les informations que vous nous avez transmises, nous avons réalisé une étude complémentaire concernant la distance d'éloignement à respecter pour implanter vos éoliennes en zone 2, et ceci pour une hauteur hors tout maximale d'éoliennes de 150 m.

Par rapport à l'axe de la ligne aérienne 90 000 VOLTS dénommée FERE-CHAMPENOISE, nous vous autorisons l'implantation des éoliennes à une distance minimale de :

- **169 mètres pour l'éolienne E1**
- **168 mètres pour l'éolienne E2**
- **167 mètres pour l'éolienne E3**
- **166 mètres pour l'éolienne E4**

Nous vous rappelons aussi que :

- Préalablement à l'exécution de travaux, il appartient au responsable de projet (personne physique ou morale, pour le compte de laquelle les travaux sont exécutés) et à l'exécutant des travaux, après consultation du guichet unique (www.reseaux-et-canalisation.ineris.fr), de se conformer aux procédures de déclaration de projet de travaux (DT) et de déclaration d'intention de commencement de travaux (DICT) fixées par les articles R. 554-1 et suivants du Code de l'Environnement ;

Rte

- lors de l'exécution de travaux, les entreprises devront impérativement se conformer aux dispositions des articles R4534-107 et suivants du code du travail qui définissent les règles de sécurité à observer pour tous travaux à proximité d'ouvrages électriques HTB sous tension et plus spécifiquement à l'article R4534-108 qui impose le respect d'une distance minimale de sécurité de 5 mètres à maintenir en permanence pendant la phase des travaux par rapport aux câbles conducteurs sous tension.

Nous vous précisons également, qu'en cas de chute ou de projection de matériaux, nous vous tiendrons responsable de tous dommages causés à nos lignes, aux utilisateurs qui y sont raccordés ainsi qu'aux tiers. Nous vous précisons que, si un tel sinistre devait se produire, les montants d'indemnisation pourraient être considérables. Bien entendu, il vous appartient d'éviter ou du moins limiter ce risque en prévoyant des distances d'éloignement suffisantes.

Enfin, nous vous rappelons que ces différentes observations valent uniquement pour les ouvrages dont RTE est gestionnaire (ouvrages dont la tension est supérieure à 50 kV), et qu'il peut exister, sur les terrains d'assiettes des constructions projetées, des ouvrages de distribution d'énergie électriques ou des ouvrages de transport et de distribution de gaz qui dépendent d'autres exploitants (ENEDIS, régies, GRDF, etc.). Nous vous invitons donc à vous rapprocher de ces derniers pour obtenir toutes les informations utiles.

Nous restons à votre disposition pour tout renseignement complémentaire, nous vous prions d'agréer, Madame, l'expression de nos salutations distinguées

Le Responsable Maintenance Réseaux
du GMR Champagne-Ardenne



Philippe MAZINGARBE

