

Dossier de demande d'autorisation unique
Etude de dangers - Pièce AU9

Projet de parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud (60)

Dossier de demande d'autorisation unique

Cette version d'étude de dangers constitue la version complétée de celle déposée en janvier 2016. Les éléments ajoutés au regard de la demande de compléments adressée par la DREAL Nord-Pas-de-Calais Picardie à la Compagnie du Vent, le 29 mars 2016, sont, dans le corps du texte, mentionnés de couleur bleue.

Septembre 2016



Parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud (60)

Communes de Litz et de Rémérangles (60)

Septembre 2016



Mâitre d'oeuvre		<p>Le Triade II - Parc d'activités Millénaire II 215, rue Samuel Morse CS 20756 - 34967 MONTPELLIER CEDEX 2</p>
Mâitre d'ouvrage et exploitant	Haguenets Energie	<p>Le Triade II - Parc d'activités Millénaire II 215, rue Samuel Morse 34 000 MONTPELLIER</p>



Rédacteur de l'étude de dangers

Sommaire



1	Préambule et Méthodes	3
	1.1 Objectif de l'étude de dangers	5
	1.2 Contexte législatif et réglementaire	6
	1.3 Nomenclature des installations classées	7
	1.4 Cas des éoliennes et méthodologie	7
2	Informations générales concernant l'installation	9
	2.1 Localisation du site	11
	2.2 Définition de la zone d'étude	13
3	Description de l'environnement de l'installation	15
	3.1 Environnement humain	17
	3.2 Environnement naturel	22
4	Description de l'installation	31
	4.1 Caractéristiques d'un parc éolien	33
	4.2 Caractéristiques du projet de Chemin des Haguenets Est&Sud	35
	4.3 Fonctionnement des éoliennes	47
	4.4 Durée de vie	47
	4.5 Organisation du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud	47
	4.6 Puissance électrique	51
	4.7 Evacuation de l'électricité produite	51

Sommaire



	4.8 Production estimée	52
	4.9 Les équipements annexes	52
	4.10 Fonctionnement des réseaux de l'installation	52
	4.11 Dispositions constructives	64
5	Identification des potentiels de dangers de l'installation	73
	5.1 Potentiel de dangers liés aux produits	75
	5.2 Potentiel de dangers liés aux équipements et aux opérations	77
	5.3 Réduction des potentiels de danger à la source	78
6	Analyse des retours d'expérience	79
	6.1 Éléments d'accidentologie interne	81
	6.2 Accidentologie externe	82
	6.3 Analyse détaillée des incidents et accidents survenus en France	99
	6.4 Autres accidents et incidents dans le monde	100
	6.5 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expériences	102
	6.6 Limites de l'étude d'accidentologie	103
7	Analyse préliminaire des risques	105
	7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques	108
	7.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	108

Sommaire



	7.3 Recensement des agressions externes potentielles	109
	7.4 Analyse générique des risques	111
	7.5 Effets dominos	115
	7.6 Mise en place de mesures de sécurité	115
	7.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	124
8	Etude détaillée des risques	126
	8.1 Rappel des définitions	128
	8.2 Caractérisation des scénarios retenus	131
	8.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques	154
9	Conclusions	158
10	Annexes	162
	10.1 Annexe 1 - Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne	164
	10.2 Annexe 2 - Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques	166
	10.3 Annexe 3 - Glossaire	170
	10.4 Annexe 4 - Bibliographie et références utilisées	173
	10.5 Annexe 5 - Courrier de GRT Gaz	174

Sommaire de l'iconographie



TABLEAUX

Tableau 1 : coordonnées géographiques des éoliennes de Chemin des Haguenets Est&Sud.....	11
Tableau 2 : éloignement des éoliennes des plus proches habitations.....	17
Tableau 3 : liste des établissements recevant du public (ERP) sur les communes de Litz et de Rémérangles	18
Tableau 4 : ICPE recensées sur les communes limitrophes au projet [source : Base des ICPE] ...	20
Tableau 5 : Rafales de vent enregistrées sur la station de Beauvais sur la période de 1981-2000	22
Tableau 6 : Nombres de jours moyens avec des rafales de vent supérieures à 16 et 28 m/s	22
Tableau 7 : Données pluviométriques	23
Tableau 8 : Nombres moyen de jours de gel et de neige enregistrés à la station de Beauvais ...	23
Tableau 9 : éloignement des éoliennes des voies de circulation.....	27
Tableau 10 : potentiels de dangers retenus pour l'analyse préliminaire des risques pour le projet éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud	28
Tableau 11 : caractéristiques des pales des éoliennes V110 -2,2 MW.....	37
Tableau 12 : caractéristiques du mât de l'éolienne V110 - 2,2 MW	38
Tableau 13 : caractéristiques des nacelles des éoliennes V110 - 2 MW	38
Tableau 14 : caractéristiques du système de régulation et du système hydraulique des éoliennes V110 - 2,2 MW	39
Tableau 15 : caractéristiques de la boîte de vitesse des éoliennes V110 - 2,2 MW	39
Tableau 16 : principales caractéristiques des générateurs des éoliennes V110 - 2,2 MW.....	40
Tableau 17 : principales caractéristiques du transformateur des éoliennes V110 - 2,2 MW.....	40
Tableau 18 : les systèmes de refroidissement des composants de la nacelle de l'éolienne Vestas V110 - 2,2 MW	41
Tableau 19 : principaux lubrifiants utilisés.....	43
Tableau 20 : caractéristiques du système de balisage aéronautique.....	46
Tableau 21 : potentiels de dangers retenus pour le projet éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud	78
Tableau 22 : accidentologie recensée entre les années 2000 et 2015 [source : base de données ARIA]	97
Tableau 23 : principales agressions externes liées aux activités humaines	109
Tableau 24 : principales agressions externes liées aux phénomènes naturels	110
Tableau 25 : tableau de l'analyse générique des risques	114

Sommaire de l'iconographie



Tableau 26 : scénarii exclus de l'analyse détaillée des risques [source INERIS].....	124
Tableau 27 : échelle de probabilité quantitative présentée en Annexe 1 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [Source : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable]	130
Tableau 28 : identification des scénarios pouvant entraîner des accidents majeurs	131

CARTES

Carte 1 : implantation des éoliennes de Chemin des Haguenets Est&Sud	12
Carte 2 : zones d'études de dangers	13
Carte 3 : compatibilité du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud avec le périmètre d'éloignement de 500 m autour des zones habitées.....	18
Carte 4 : situation des établissements recevant du public	19
Carte 5 : infrastructures proches	21
Carte 6 : les aléas sismiques en France	26
Carte 7 : cartographie de synthèse des enjeux du milieu humain	29
Carte 8 : implantation des 12 éoliennes de Chemin des Haguenets Est&Sud	48
Carte 9 : le projet éolien de de Chemin des Haguenets Est&Sud	49
Carte 10 : plan de masse en exploitation du projet éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud ..	50
Carte 11 : le raccordement électrique interne	53
Carte 12 : synthèse des risques.....	156

1 Préambule et Méthodes



1.1 Objectif de l'étude de dangers	5
1.2 Contexte législatif et réglementaire	6
1.3 Nomenclature des installations classées	7
1.4 Cas des éoliennes et méthodologie	7

1.1 Objectif de l'étude de dangers

L'étude de dangers, clé de voûte de la démarche sécurité, est réalisée par l'industriel sous sa responsabilité comme le reste du dossier de demande d'autorisation d'exploiter et sous le contrôle de l'inspection des installations classées. Elle s'articule autour du recensement des phénomènes dangereux possibles, de l'évaluation de leurs conséquences, de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique ainsi que de leur prévention et des moyens de secours.

L'étude de dangers doit donner une description des installations et de leur environnement ainsi que des produits utilisés, identifier les sources de risques internes (organisation du personnel, processus...) et externes (séismes, foudre, effets dominos...) et justifier les moyens prévus pour en limiter la probabilité et les effets, notamment en proposant des mesures concrètes en vue d'améliorer la sûreté.

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société La Compagnie du Vent, pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud, autant technologiquement réalisable qu'économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du parc de Chemin des Haguenets Est&Sud. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

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

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

Nous rappellerons ici les définitions de danger et de risque retenues dans la présente étude :

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 ». (Glossaire des risques technologiques, circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers).

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).

1.2 Contexte législatif et réglementaire

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

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

Ainsi, l'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarii d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarii 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 la circulaire du 10 mai 2010 :

- description de l'environnement et du voisinage ;
- description des installations et de leur fonctionnement ;
- identification et caractérisation des potentiels de danger ;
- estimation des conséquences de la concrétisation des dangers ;
- réduction des potentiels de danger ;
- enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs) ;
- analyse préliminaire des risques et nature et organisation des moyens d'alerte et de secours dont dispose l'exploitant ;
- étude détaillée de réduction des risques ;
- quantification et hiérarchisation des différents scénarii en terme de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection ;
- représentation cartographique ;
- résumé non technique de l'étude de dangers.

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

En outre, l'étude de dangers s'intéresse aux risques générés par les aérogénérateurs lorsqu'ils sont en phase d'exploitation. Elle exclut donc la phase de construction.

Le pétitionnaire s'engage à respecter :

- les obligations figurant dans les articles R323-26 et suivants et R323-40 du Code de l'Energie ;
- les prescriptions techniques de l'arrêté du 17 mai 2001 modifié.

Le Pétitionnaire s'engage à remplir les formalités prévues aux articles R323-29 et R323-30 du Code de l'Energie.

Le Pétitionnaire remplira également les formalités prévues aux articles L554-1 et suivants et R554-1 et suivants du code de l'environnement.

1.3 Nomenclature des installations classées

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

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

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

Le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

1.4 Cas des éoliennes et méthodologie

Le cadre juridique de l'activité de la production d'énergie éolienne a été modifié depuis la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite « Loi Grenelle 2 ». En effet, depuis le 14 juillet 2011 les éoliennes sont désormais inscrites à la nomenclature des activités soumises au respect des règles applicables aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Dans la circulaire du 29 août 2011, relative aux conséquences et orientations du classement des éoliennes dans le régime des installations classées (DEVP1119997C), la ministre de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement précisait que « *les études de dangers, désormais exigibles pour les éoliennes soumises à autorisation, pourront présenter un caractère plus léger que bon nombre d'autres installations classées, bien plus dangereuses, dans un souci de proportionnalité* ». Elle précise également que le Syndicat des Energies Renouvelables a lancé la réalisation d'une étude de dangers-type, examinée par la DGPR (Direction Générale de la Prévention des Risques), qui pourra constituer le corps principal des études de dangers qui seront remises par les pétitionnaires, même si une partie sera toujours à adapter au contexte local d'implantation.

L'éolien fait partie des énergies renouvelables les plus matures, sa technologie étant désormais bien maîtrisée. Sa croissance dans le monde est considérable depuis une dizaine d'années et fin-2013 la puissance éolienne totale installée s'élevait à près de 318 000 MW. La capacité ajoutée sur la période 2009/2010 représente un taux de croissance de 22,5 % et depuis 10 ans, ce taux de croissance est en moyenne de 30 % par an (source : France Energie Eolienne).

En France, des éoliennes sont opérationnelles depuis 20 ans. En novembre 2015, la France totalisait près de 10 000 MW de puissance installée sur son territoire¹ ce qui représente environ 5 000 éoliennes et pour lesquelles très peu d'accidents majeurs sont recensés du fait d'un retour d'expériences important à travers le monde (environ 130 000 éoliennes exploitées).

La présente étude de dangers respecte les prescriptions de R.512-9 du Code de l'Environnement et a donc été réalisée sur la base de la « Trame type de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » achevé par l'INERIS pour le compte du Syndicat des Energies Renouvelables (version de mai 2012).

¹ Source commissariat général au développement durable, décembre 2015



2 Informations générales concernant l'installation



2.1 Localisation du site

11

2.2 Définition de la zone d'étude

13

2.1 Localisation du site

Le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud, composé de 12 aérogénérateurs, est localisé sur les communes de Litz et de Rémérangles, dans le département de l'Oise.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques de chacune des éoliennes, selon les référentiels WGS 84 et RGF CC49.

	WGS84		RGF CC49		Altitude (m)
	X	Y	X	Y	
Eolienne 1	2° 18'41,61"	49° 26'43,72"	1 650 080	8 249 766	104
Eolienne 2	2° 18'54,82"	49° 26'35,77"	1 650 344	8 249 518	101
Eolienne 3	2° 19'11,87"	49° 26'32,36"	1 650 686	8 249 410	99
Eolienne 4	2° 19'29,53"	49° 26'31,36"	1 651 042	8 249 375	101
Eolienne 5	2° 17'39,77"	49° 26'18,26"	1 648 827	8 248 991	90
Eolienne 6	2° 17'50,56"	49° 26'11,19"	1 649 042	8 248 771	93
Eolienne 7	2° 18'01,54"	49° 26'04,30"	1 649 261	8 248 556	93
Eolienne 8	2° 18'17,39"	49° 25'53,85"	1 649 578	8 248 230	90
Eolienne 9	2° 18'29,51"	49° 25'45,91"	1 649 820	8 247 982	89
Eolienne 10	2° 18'41,39"	49° 25'38,53"	1 650 057	8 247 752	88
Eolienne 11	2° 18'53,38"	49° 25'29,29"	1 650 296	8 247 465	85
Eolienne 12	2° 19'07,02"	49° 25'21,10"	1 650 569	8 247 209	86

Tableau 1 : coordonnées géographiques des éoliennes de Chemin des Haguenets Est&Sud

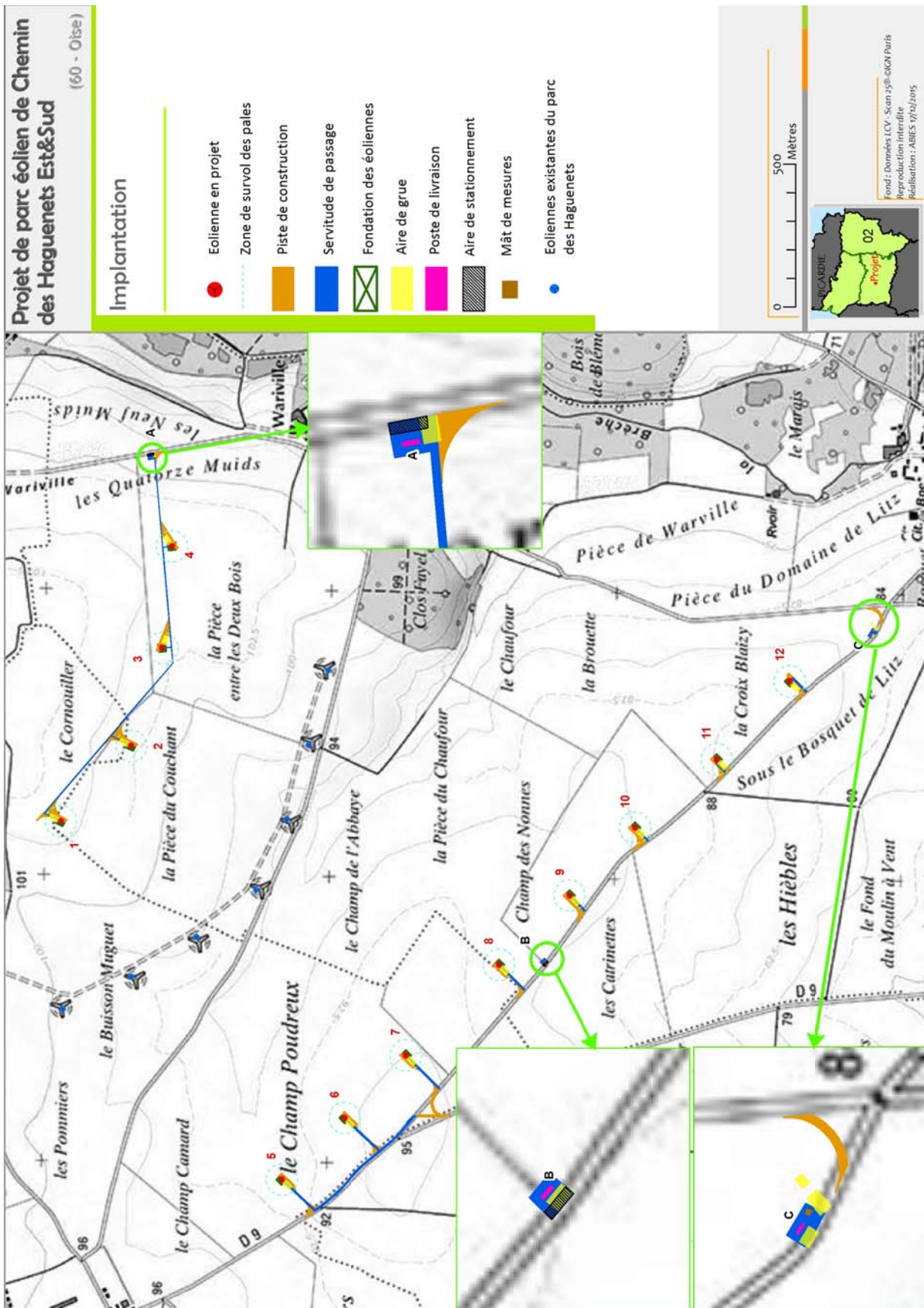
Les éoliennes sont organisées suivant deux alignements courbes faisant écho aux éoliennes en fonctionnement du parc de Chemin des Haguenets.

Le premier alignement, à l'est des éoliennes existantes, est composé de quatre éoliennes, régulièrement réparties, espacées d'une distance moyenne de 365 m environ. Un éloignement de 600 mètres environ a été établi avec la plus proche éolienne en fonctionnement de Chemin des Haguenets.

Quant au deuxième alignement, au sud des éoliennes existantes, ce sont huit éoliennes qui le composent, régulièrement espacées de 314 mètres en moyenne. Il est à noter une interdistance plus conséquente entre les éoliennes 7 et 8, de 451 mètres. Un éloignement de 785 mètres sépare les éoliennes en fonctionnement de celles en projet.

Par ailleurs, trois postes de livraison, deux aires de stationnement et un mât de mesures de vent seront installés sur le site.

En termes de répartition territoriale, ce sont neuf éoliennes qui sont prévues à Litz et trois à Rémérangles.



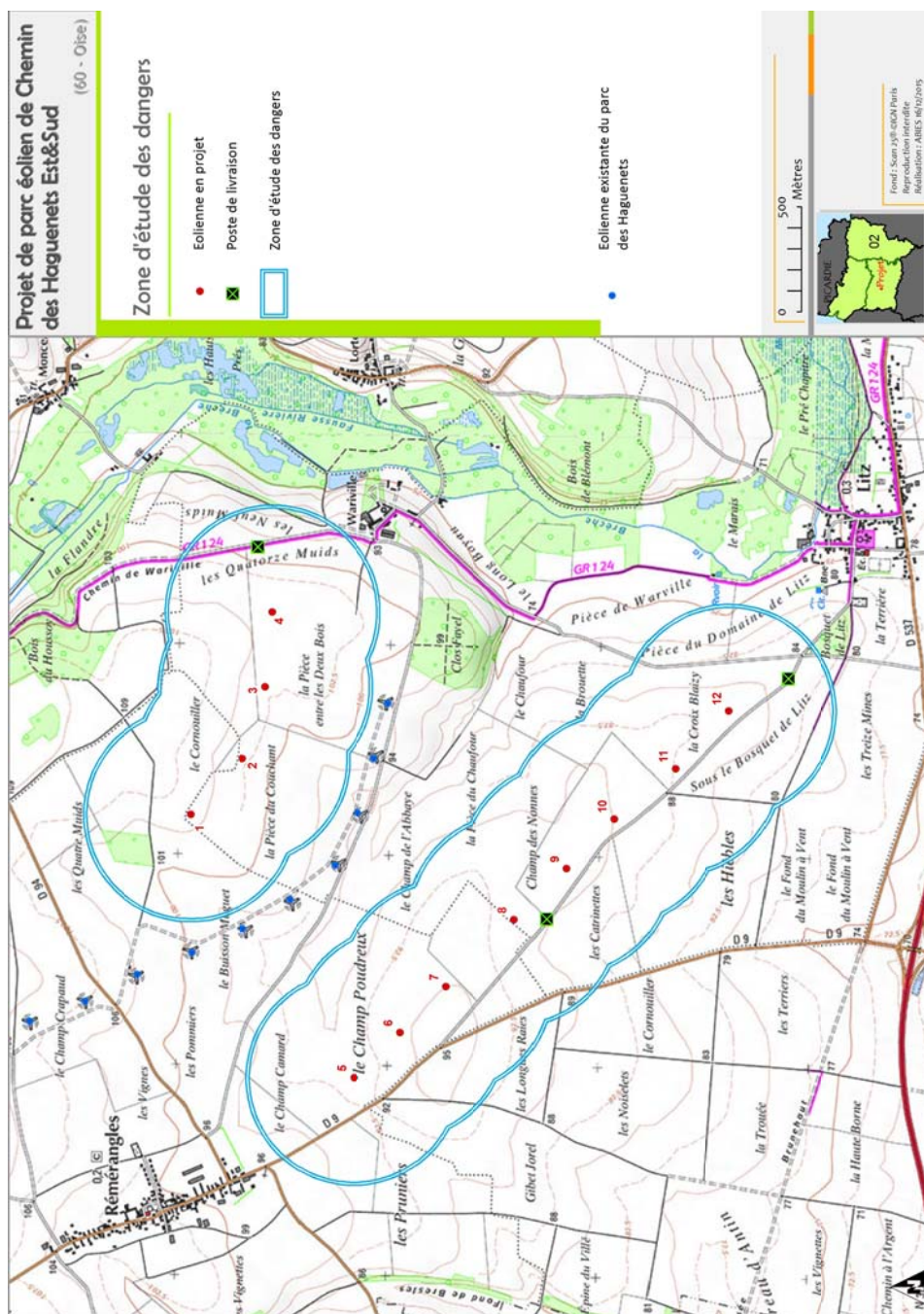
Carte 1 : implantation des éoliennes de Chemin des Hagenets Est&Sud

2.2 Définition de la zone 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.

L'INERIS propose que chaque aire d'étude corresponde à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection.

Conformément aux préconisations de l'INERIS, nous avons appliqué un rayon de 500 mètres autour de chacune des 12 éoliennes en projet. De façon générale, le poste de livraison n'est pas pris en compte dans le cadre d'une étude de dangers. En effet les expertises réalisées ont montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.



Carte 2 : zones d'études de dangers



3 Description de l'environnement de l'installation



3.1 Environnement humain	17
3.1.1 Zones urbanisées	17
3.1.2 Etablissement recevant du public (ERP).....	18
3.1.3 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)	20
3.1.4 Equipements et infrastructures présents.....	20
3.2 Environnement naturel	22
3.2.1 Contexte climatique	22
3.2.2 Risques naturels	24
3.2.3 Environnement technologique.....	27
3.2.4 Environnement matériel	27
3.2.5 Autres ouvrages.....	28
3.2.6 Conclusion	28

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

3.1 Environnement humain

Le site s'insère dans un environnement peu urbanisé et fortement rural, constitué de parcelles agricoles.

3.1.1 Zones urbanisées

Le projet de parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud s'insère dans un environnement dominé par les cultures et les activités agricoles. Il est à signaler que ce projet s'insère entre le parc éolien de Chemin des Haguenets, développé, construit en 2009 et exploité depuis par La Compagnie du Vent.

La commune de Litz est régie par un Plan d'Occupation des Sols alors que Rémérangles dispose d'un Plan Local d'Urbanisme.

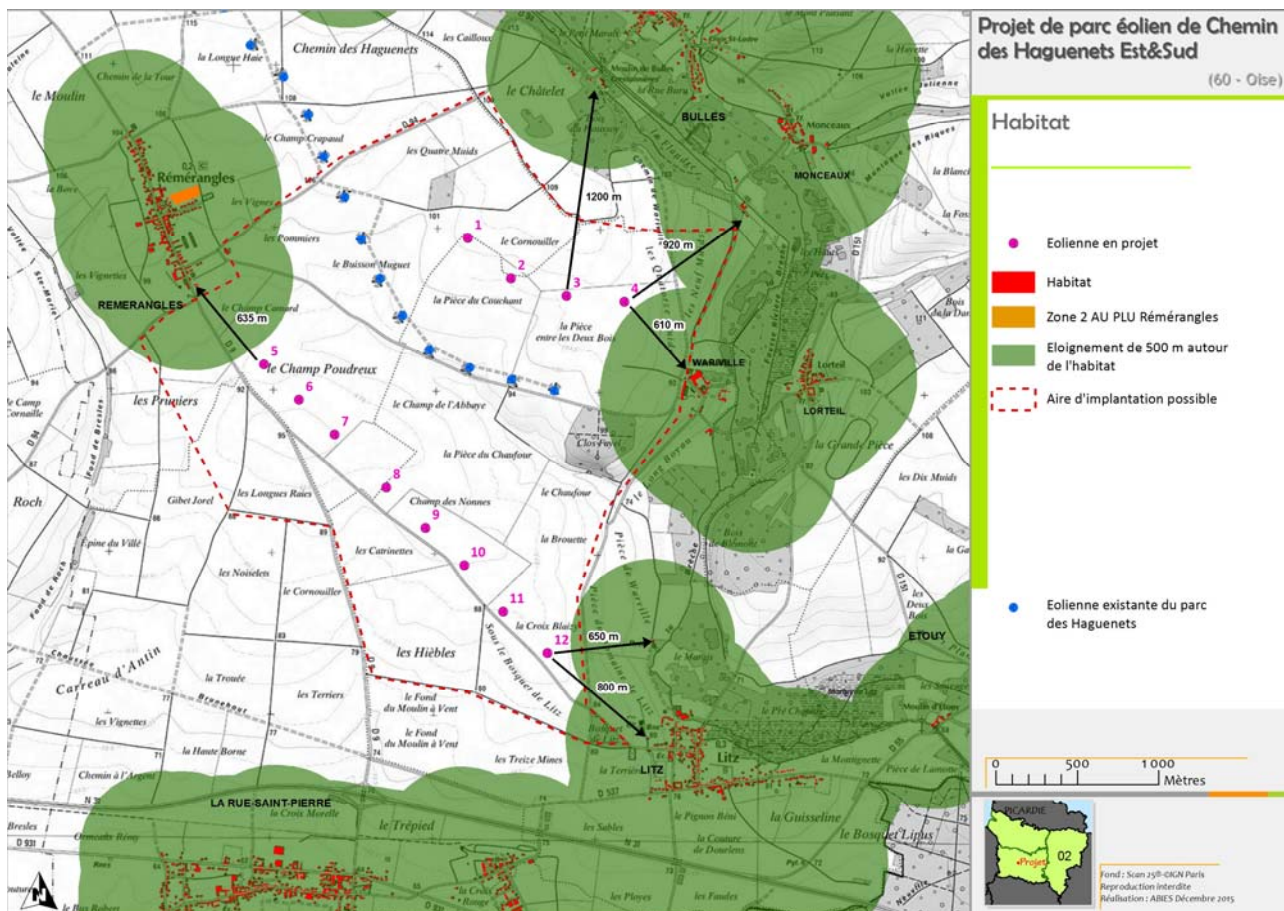
Le tableau suivant indique le nombre d'habitants de la commune.

Population en 2012	
Commune de Litz	363
Commune de Rémérangles	221

Des périmètres d'éloignement de 500 mètres ont été pris en compte autour de l'habitat isolé et des zones destinées à l'habitation. **Les éoliennes de Chemin des Haguenets Est&Sud se trouvent à plus de 500 mètres de toute habitation ou toute zone habitable.** Le tableau ci-après donne les distances entre les hameaux et les éoliennes du parc de Chemin des Haguenets Est&Sud les plus proches.

Lieux d'habitation	Distance à l'éolienne la plus proche (en m)
Wariville	610
Flandre	920
Moulin de Bulles	1 200
Rémérangles	635
Litz	800
Litz nord (le Marais)	650

Tableau 2 : éloignement des éoliennes des plus proches habitations



Carte 3 : compatibilité du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud avec le périmètre d'éloignement de 500 m autour des zones habitées

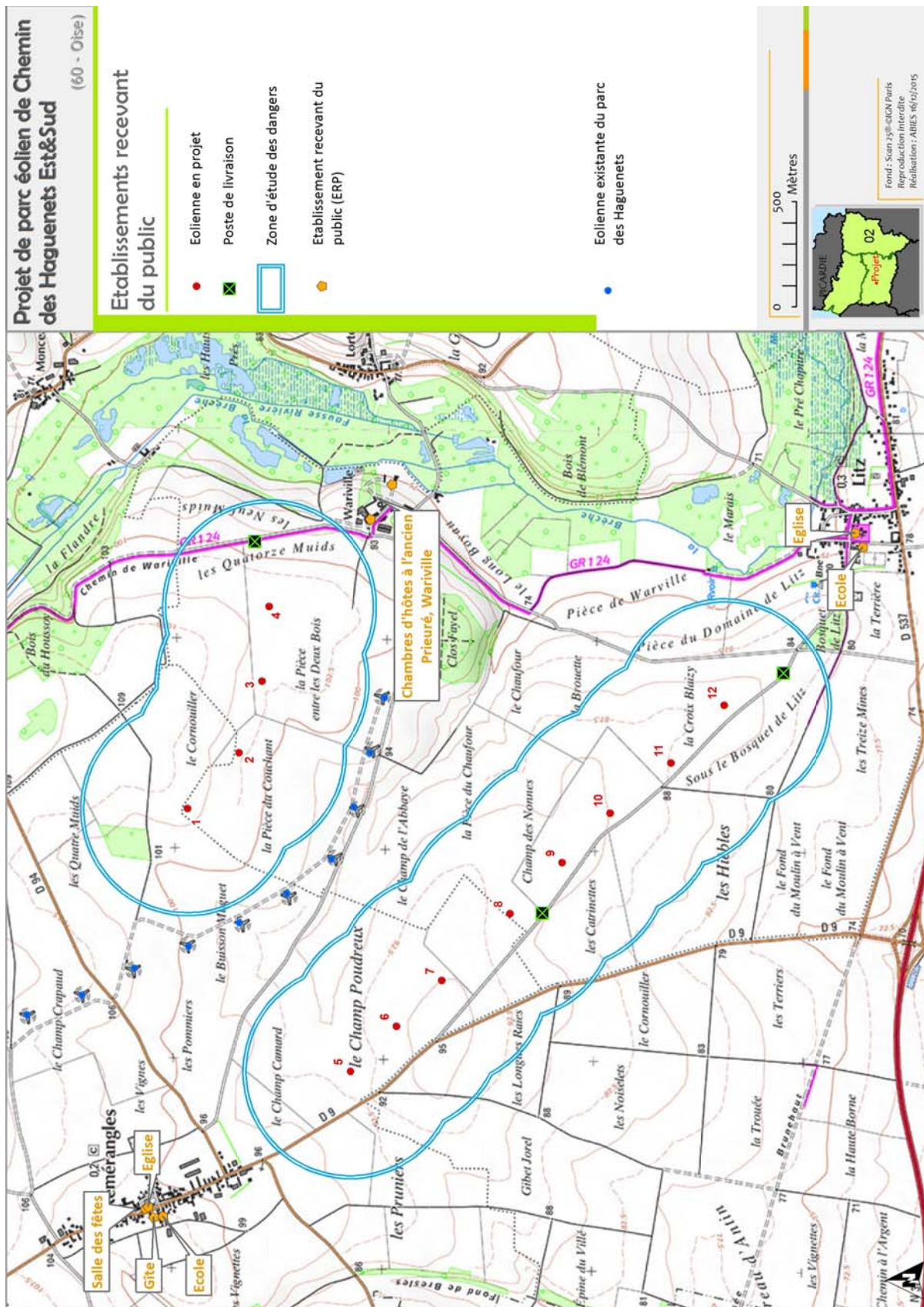
3.1.2 Etablissement recevant du public (ERP)

Les établissements recevant du public à proximité du site sont cités dans le tableau suivant.

Commune	Lieu	Situation par rapport à l'éolienne la plus proche
Litz	Ecole communale	1 000 m
	Les deux chambres d'hôtes à l'ancien Prieuré, à Wariville	640 m
	Eglise	1 000 m
Rémérangles	Salle des Fêtes	1 170 m
	Chambre d'hôtes	1 150 m
	Ecole communale	1 150 m
	Eglise	1 120 m

Tableau 3 : liste des établissements recevant du public (ERP) sur les communes de Litz et de Rémérangles

Tous les établissements recevant du public sont éloignés de l'aire d'implantation possible. Le plus proche est l'une des deux chambres d'hôtes de Wariville.



Carte 4 : situation des établissements recevant du public

3.1.3 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

Le tableau suivant liste les ICPE installées sur les communes limitrophes du site éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud.

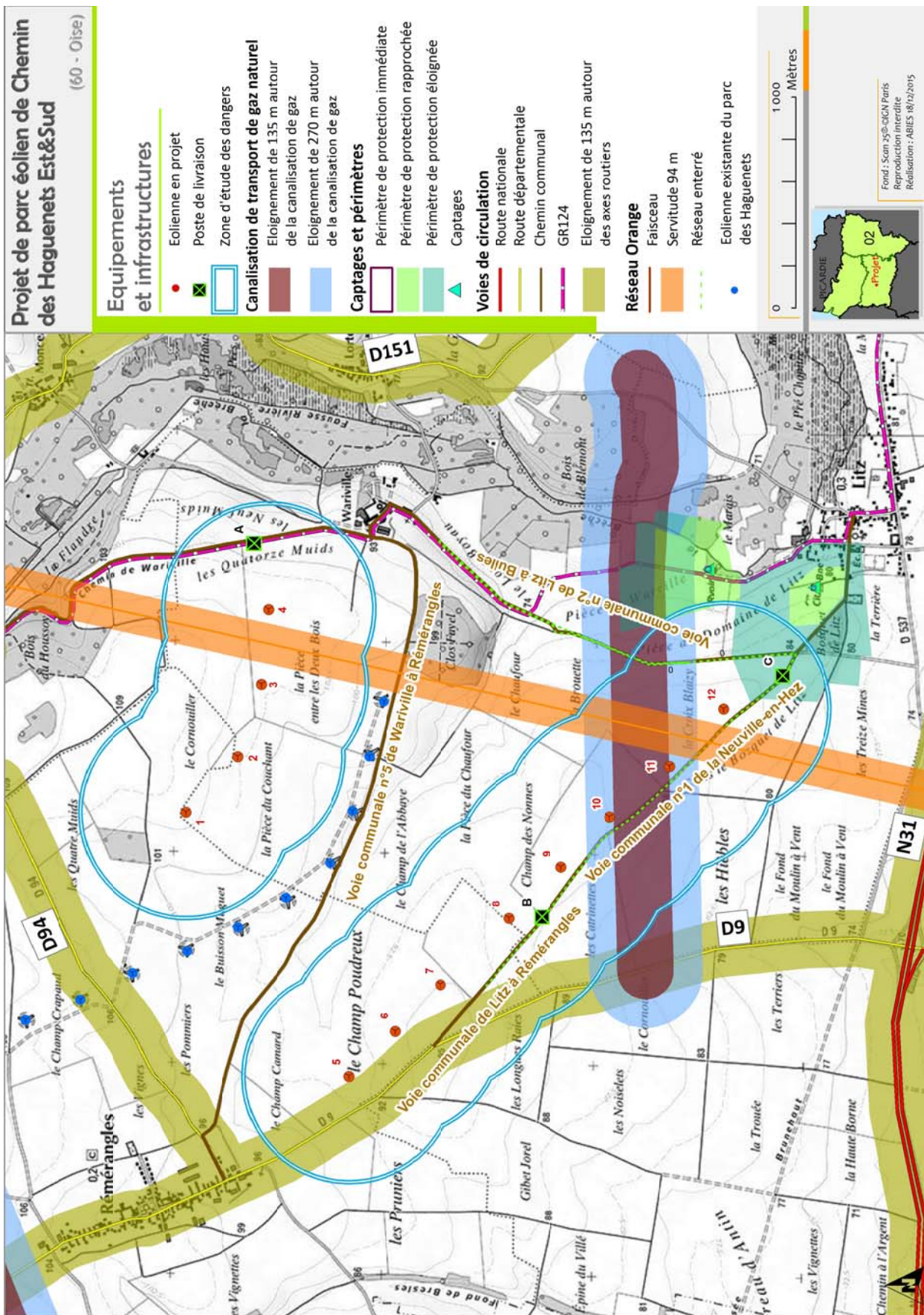
Nom	Activité	Régime	Etat d'activité	SEVESO	Eloignement
Commune de La Rue-Saint-Pierre					
-	-	-	-	-	-
Commune de Litz					
La Compagnie du Vent	Parc éolien	Autorisation	En fonctionnement	Non Seveso	596 m
Commune de Rémérangles					
La Compagnie du Vent	Parc éolien	Autorisation	En fonctionnement	Non Seveso	825 m
Delahoche Gérard	Métaux (stockage, activité de récupération)	Autorisation	En fonctionnement	Non Seveso	1 100 m
Fers et Métaux	Démontage de Véhicules Hors d'Usage (VHU), ...	Autorisation	En fonctionnement	Non Seveso	1 100 m

Tableau 4 : ICPE recensées sur les communes limitrophes au projet [source : Base des ICPE]

3.1.4 Equipements et infrastructures présents

Plusieurs infrastructures sont à signaler aux abords du site éolien :

- La canalisation de gaz à Haute-Pression (136 m) ;
- Le parcours du faisceau hertzien protégé par une servitude de 94 m de part et d'autre ;
- Le parcours enterré d'une liaison Orange (le raccordement électrique se fera en parallèle de ce parcours) ;
- Les éoliennes existantes de Chemin des Haguenets (596 m) ;
- Un captage d'eau potable à Litz avec des périmètres de protection associés (720 m) ;
- La RD 94 dans la partie nord (740 m) ;
- La RD 9 à l'ouest (158 m) ;
- Le GR 124 à l'est (315 m) ;
- Des voies communes communales.



Carte 5 : infrastructures proches

3.2 Environnement naturel

3.2.1 Contexte climatique

3.2.1.1 Vents violents

Les vents violents peuvent être la cause de détériorations de structures, de chute ou de pliage de mât, de survitesse des pales et de projection de pales.

Des investigations approfondies ont été menées pour déterminer le potentiel éolien du site. Dès 2002, La Compagnie du Vent a installé un mât de mesures sur le site. Il est alors apparu que les vents locaux sont orientés principalement en direction du sud-ouest. L'exploitation, depuis plus de deux ans, des 14 aérogénérateurs a permis de confirmer tant l'orientation des vents que la ressource éolienne.

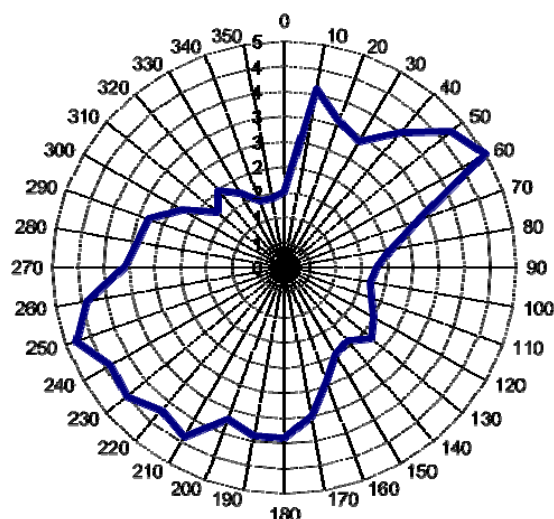


Figure 1 : rose des répartitions des directions et de la puissance (%E)

Les informations climatologiques sur les vents violents enregistrés par Météo-France à la station de Beauvais, durant la période 1971 à 2000 sont les suivantes.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Rafale maximale de vent (m/s) et jour	32	35	29	29	28	24	22	25	23	33	34	38	38
	25-1990	28-1990	01-1982	04-1994	03-1987	20-1990	28-1994	06-1999	03-1983	16-1987	27-1983	26-1999	26-12-1999

Tableau 5 : Rafales de vent enregistrées sur la station de Beauvais sur la période de 1981-2000

La rafale de vent la plus violente enregistrée a atteint 38 m/s soit 137 km/h, le 26 décembre 1999.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
>= 16 m/s	8,4	5,9	7	4,7	3	2,1	2,1	2,3	3	5,4	4,7	6,1	54,2
>= 28 m/s	0,5	0,5	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	0,3	0,2	0,2	1,8

Tableau 6 : Nombres de jours moyens avec des rafales de vent supérieures à 16 et 28 m/s

Le nombre moyen de jours avec des rafales supérieures à 58 km/h (16 m/s) est de 54,2 par an et le nombre moyen de jours avec des rafales supérieures à 101 km/h (28 m/s) est de 1,8 par an.

On rappellera que les vents violents sont pris en compte dans le dimensionnement des éoliennes avec le respect de la norme IEC 61400. Les éoliennes Vestas retenues pour le projet de Chemin des Haguenets Est & Sud sont conçues pour des classes de vents de type IIIA et sont capables de résister à des vitesses extrêmes de 214 km/h (59,5 m/s).

Le vent est retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud.

3.2.1.2 Pluviométrie

Le tableau suivant résume les principales données pluviométriques disponibles (valeurs en millimètres). Les données sont issues de la station météorologique de Beauvais. Elles sont le résultat des valeurs enregistrées entre 1971 et 2000.

Précipitations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Hauteur mensuelle moyenne	57	46	52	48,5	63	60	48,7	46,5	61	63	58	70	673
Maxi quotidien absolu	28	27	30	20	29	41	41	47	36	46	30	28	47

Tableau 7 : Données pluviométriques

La pluviométrie maximale enregistrée sur 24 heures a été de 47 mm durant la période 1971-2000. Elle correspond probablement à un épisode orageux (car elle a eu lieu au mois de juin).

On constate que les précipitations demeurent relativement limitées à Beauvais avec 673 mm annuellement. Cette moyenne est inférieure à celle relevée à l'échelle du territoire métropolitain (889 mm).

En revanche, la très grande régularité de la pluviométrie, à l'échelle du mois, est révélatrice d'une influence atlantique.

C'est la fréquence de ces pluies qui est importante puisque le nombre moyen de jours avec précipitations supérieures à 1 mm atteint 117 jours, soit pratiquement 1 jour sur 3. Ces pluies sont réparties sur toute l'année et la pluviométrie diffère peu entre le mois le plus sec et le mois le plus arrosé 63 mm en mai et en octobre et 46 mm en février.

3.2.1.3 Périodes de gel et de neige

Au cours de journées neigeuses et en l'absence de vent, la neige ou la glace peut s'accumuler sur les pales des éoliennes. Dès lors, au démarrage, la rotation des pales peut entraîner une projection de neige ou de glace à terre.

Les informations climatologiques sur les périodes de gel et les périodes neigeuses enregistrées par Météo-France à la station de Beauvais, durant la période 1981 à 2000 sont les suivantes :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Températures minimales inférieures à -5°C	3,3	2,5	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0,7	1,8	8,8
Températures minimales inférieures à 0°C	12,2	11,7	7,9	4	0,3	0	0	0	0	1,4	6,9	11	55,4
Neige	-	3,9	1,9	1,1	0,1	0	0	0	0	0	1,2	2,1	-

Tableau 8 : Nombres moyen de jours de gel et de neige enregistrés à la station de Beauvais

Dans le département de l'Oise (station de Beauvais), on observe en moyenne (relevé sur les années 1981 à 2000) :

- 8,8 jours avec une température minimale inférieure à -5°C ;
- 55,4 jours avec une température minimale inférieure à 0°C ;
- Plus de 10 jours avec neige (sans le mois de janvier).

Remarque : il peut également se produire un phénomène de formation de givre sur les pales, sous certaines conditions concomitantes d'humidité et de température. Ces données ne sont toutefois pas renseignées par les services de Météo France dont nous disposons.

La combinaison du phénomène neigeux et des périodes de gel est retenue comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud. En effet, ce phénomène reste possible du fait de la fréquence des jours avec gel.

3.2.2 Risques naturels

3.2.2.1 Foudre

Une éolienne étant par définition une construction d'une hauteur importante érigée sur une surface dégagée, la possibilité d'un foudroiement n'est pas à exclure au cours de son utilisation. Une telle éventualité est renforcée lorsque des pales en fibres de carbone sont utilisées, en raison de la forte conductivité électrique de ce matériau. Aujourd'hui la quasi-totalité des pales d'éoliennes sont constituées en fibres de verre.

Les dangers liés à la foudre sont :

- les effets thermiques pouvant être à l'origine :
 - d'un incendie ou d'une explosion, soit au point d'impact, soit par l'énergie véhiculée par les courants de circulation conduits ou induits ;
 - de dommages aux structures et construction ;
- les perturbations électromagnétiques pouvant endommager les équipements électroniques, en particulier les équipements de contrôle commande et/ou de sécurité ;
- les effets électriques pouvant induire des différences de potentiel.

Pour les communes de Litz et de Rémérangles, les statistiques de foudroiement sont (source : site internet Météorage) de 0,92 arcs/km²/an (contre 1,57 pour la moyenne française).

Bien que le risque foudre soit faible, la foudre est retenue à titre conservatoire comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud.

3.2.2.2 Inondation

De fortes précipitations peuvent entraîner une inondation ayant pour conséquence une fragilisation des fondations et une détérioration des installations électriques. Un risque d'emballement de l'éolienne, voire la chute de celle-ci, n'est pas à exclure en cas d'endommagement des systèmes de sécurité et de régulation.

Seule la commune de Litz est soumise au risque inondation. Mais il se concentre au sein de la vallée de la Brèche. Le risque d'inondation ne concerne pas le site éolien.

Le risque inondation n'est donc pas retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud.

3.2.2.3 Remontées de nappes

Les dangers associés au risque de remontées des nappes sont identiques aux dangers liés au phénomène d'inondation (cf. plus haut).

La Base de Données Nationales « Remontées de nappes » développée par le BRGM (<http://inondationsnappes.fr>) indique que le territoire communal est concerné par ce risque plus ou moins élevé selon les lieux. Les éoliennes sont implantées sur une zone de sensibilité faible.

Il apparaît que :

- Les éoliennes 1, 3, 4, 11 et 12 sont situées sur des secteurs pour lesquels le risque est faible ;
- Les éoliennes 2, 6, 7, 8, 9 et 10 sont situées sur des secteurs pour lesquels le risque est modéré ;
- L'éolienne 5 est située sur un secteur pour lequel le risque est fort.

Le risque de remontées de nappes est donc retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud.

3.2.2.4 Retrait et gonflement d'argile

Un sol argileux peut présenter des caractéristiques hétérogènes suivant son taux d'hygrométrie. Lorsqu'il est desséché, il devient dur et cassant. A contrario lorsqu'il est humide, il devient plastique et malléable. Ces modifications de consistance sont loin d'être sans conséquence. Les variations de volume, avec des amplitudes parfois très importantes sont constatées en période estivale. En effet, les températures élevées accentuent le phénomène d'évapotranspiration. Par conséquent les sols argileux se rétractent en période de sécheresse, ce qui se traduit par des tassements différentiels qui peuvent occasionner des dégâts parfois importants aux constructions.

Le site internet « argiles.fr » cartographie, sur chacune des communes l'aléa retrait-gonflement d'argile.

Les communes de Litz et de Rémérangles sont faiblement concernées par le risque de retrait et gonflement d'argile. Le site éolien, quant à lui, est également soumis à un risque faible.

Le risque de retrait et gonflement d'argile n'est pas donc retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud.

3.2.2.5 Mouvements de terrain

Le risque de mouvement de terrain peut être à l'origine d'une chute d'éolienne. Des études géotechniques sont classiquement réalisées avant la construction d'un parc éolien pour s'assurer du bon dimensionnement des fondations en fonction de la nature du sol et du sous-sol.

Le site internet Georisque recense l'ensemble des mouvements de terrain enregistrés sur les communes en France.

Sa consultation a révélé l'absence de cavités souterraines (cave, carrière, ...) sur les communes de Litz et de Rémérangles. Il est apparu également qu'aucun Plan de Prévention des Risques Naturels liés aux affaissement et effondrements n'est applicable sur ces communes.

Au regard de l'absence de cavités et d'événements de mouvement de terrain, le risque de mouvement de terrain n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le projet éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud.

3.2.2.6 Feux de forêts

Un éventuel incendie de la végétation aux alentours serait susceptible de se propager aux installations.

Les communes de Litz et de Rémérangles ne sont pas soumises au risque de feux de forêts selon le Dossier Départemental des Risques Majeurs.

Ainsi, le risque feux de forêt n'est donc pas retenu comme source potentielle de dangers pour le projet éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud.

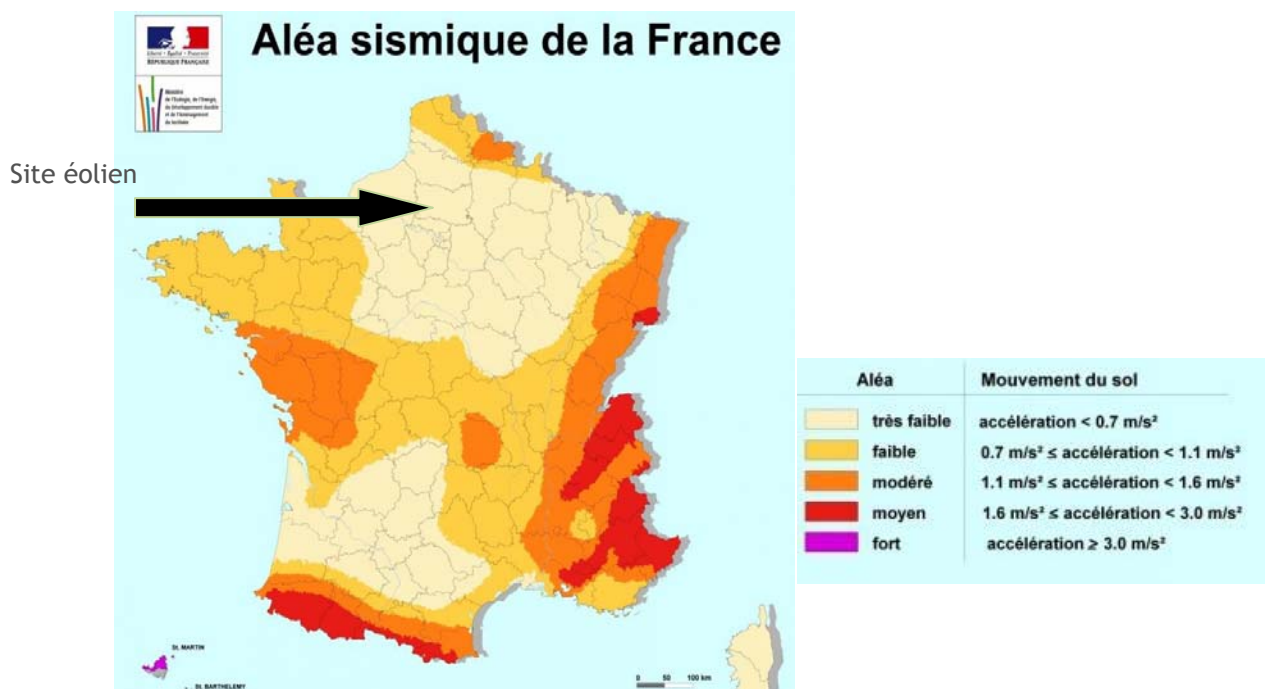
3.2.2.7 Séisme

La présence d'une grande partie de la masse en haut de la tour rend les éoliennes particulièrement vulnérables aux séismes. Un séisme pourrait conduire à la chute du mât. Les fondations des éoliennes doivent être dimensionnées conformément à la réglementation française en vigueur.

La prévention du risque sismique est notamment régie par :

- Le Code de l'Environnement, au travers des articles R563-1 à R563-8 relatifs à la prévention du risque sismique,
- l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »,
- Décret n° 2010-1255 du 22/10/10 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français,
- Décret n° 2010-1254 du 22/10/10 relatif à la prévention du risque sismique,
- Circulaire n° 2000-77 du 31/10/00 relative au contrôle technique des constructions pour la prévention du risque sismique,

- Arrêté du 10 mai 1993 fixant les règles parasismiques applicables aux installations soumises à la législation sur les installations classées,
- Circulaire DPPR/SEI du 27 mai 1994 relative à l'arrêté du 10 mai 1993 fixant les règles parasismiques applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement.



Carte 6 : les aléas sismiques en France

Le parc éolien de Chemin des Hagenets Est&Sud est localisé en zone de sismicité 1, soit en zone d'aléa très faible d'après le nouveau zonage sismique du 22 octobre 2010, entré en vigueur le 1^{er} mai 2011 (cf. chapitre 4.4.2.2 de l'étude d'impact). Selon la classification des bâtiments définie dans l'arrêté du 22 octobre 2010, un parc éolien appartient à la catégorie d'importance I, qui désigne « les bâtiments dans lesquels est exclue toute activité humaine nécessitant un séjour de longue durée et non visés par les autres catégories II, III et IV ». Or, de tels ouvrages neufs ne sont soumis à aucune exigence ni à aucune règle de construction parasismique, et ce quelque soit la zone de sismicité dans laquelle ils se trouvent (source : *La nouvelle réglementation parasismique applicable aux bâtiments dont le permis de construire est déposé à partir du 1^{er} mai 2011* - MEDDTL).

Selon les informations provenant du site internet sisfrance.net, aucun séisme n'a été répertorié ni à Litz, ni à Rémérangles.

Le risque sismique est toutefois retenu, à titre conservatoire, comme source potentielle de dangers pour le projet éolien de Chemin des Hagenets Est&Sud.

3.2.3 Environnement technologique

Selon le Dossier Départemental des Risques Majeurs, les communes de Litz et de Rémérangles ne sont pas soumises au Risque lié au Transport de Marchandises Dangereuses.

On rappelle seulement la présence de plusieurs Installations Classées pour la Protection de l'Environnement sur le territoire des communes de Litz et de Rémérangles, notamment les 14 éoliennes en fonctionnement de Chemin des Haguenets. Une distance minimale de 596 mètres les sépare avec les aérogénérateurs en projet.

Le risque technologique n'est donc pas retenu comme source potentielle de dangers pour le projet éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud.

3.2.4 Environnement matériel

3.2.4.1 Voies de circulation

Plusieurs axes de circulation sont à signaler à proximité du projet éolien. Il s'agit de (avec les éloignements à l'éolienne la plus proche) :

Voies de circulation	Distance (mètres)
RD 9	158
RD 94	740

Tableau 9 : éloignement des éoliennes des voies de circulation

Plusieurs voies communales et chemins ruraux conduisent au site éolien.

Au regard de la proximité de ces axes de circulation avec les éoliennes, seuls les chemins ruraux et les voies communales, sont retenus comme source potentielle de dangers pour le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud.

3.2.4.2 Activités industrielles

Un accident sur les installations industrielles voisines (incendie, explosion, projection) pourrait être à l'origine de dégradations des éoliennes. Des projections ou des surpressions peuvent impacter une éolienne et causer des dégradations majeures (chute du mât, rupture de pales ou de fragments de pales). Des effets thermiques peuvent également endommager significativement les installations.

Nous rappellerons ici que, depuis l'arrêté du 26 Août 2011, « les éoliennes doivent être implantées à plus de 300 mètres de toutes installations classées pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 Mai 2000 en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables » (article 3 de l'arrêté).

La plus proche activité en fonctionnement est le parc éolien de Chemin des Haguenets en fonctionnement. 596 m est l'éloignement minimum entre les éoliennes existantes et les éoliennes en projet.

Le parc éolien de Chemin des Haguenets a toutefois été retenu comme source potentielle de dangers pour le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud.

3.2.4.3 Aviation

Le projet a reçu un avis favorable de l'Armée de l'Air.

La Direction Générale de l'Aviation Civile a émis deux recommandations. D'une part les éoliennes devront respecter un plafond de 243 m NGF. D'autre part un accord doit être trouvé compte-tenu de l'éloignement inférieur à 15 km de l'aérodrome de Beauvais-Tillé.

Le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud respecte ces deux recommandations. Non seulement l'implantation proposée permet de respecter la limite du plafond aérien, mais un accord a également été trouvé entre Haguenets Energie et la Direction des services de la navigation aérienne afin de permettre le développement des activités respectives de chacun.

Les éoliennes seront munies d'un système de balisage conforme à l'arrêté du 13 novembre 2009 de la Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile (cf. chapitre 1.2.4).

L'activité aéronautique n'est donc pas retenue comme source potentielle de dangers pour le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud.

3.2.5 Autres ouvrages

Un faisceau hertzien protégé par une bande de 94 m de part et d'autre traverse le site éolien. Il s'agit d'un faisceau géré par Orange. Le bout de la pale de l'éolienne la plus proche est distant de 94 m du de la servitude.

Plusieurs captages d'eau potable ont été identifiés aux abords du site éolien. L'éolienne 12 la plus proche est éloignée de 740 m du plus proche captage.

Enfin une canalisation de gaz à haute pression traverse le site éolien. GRT gaz a demandé un éloignement minimum d'une hauteur totale d'éolienne, soit 135 m, sous réserve de la fourniture d'un certain nombre de documents (certification des éoliennes par un organisme tiers reconnu, une justification des calculs de fondation, un engagement périodique sur la bonne maintenance de la machine, ...).

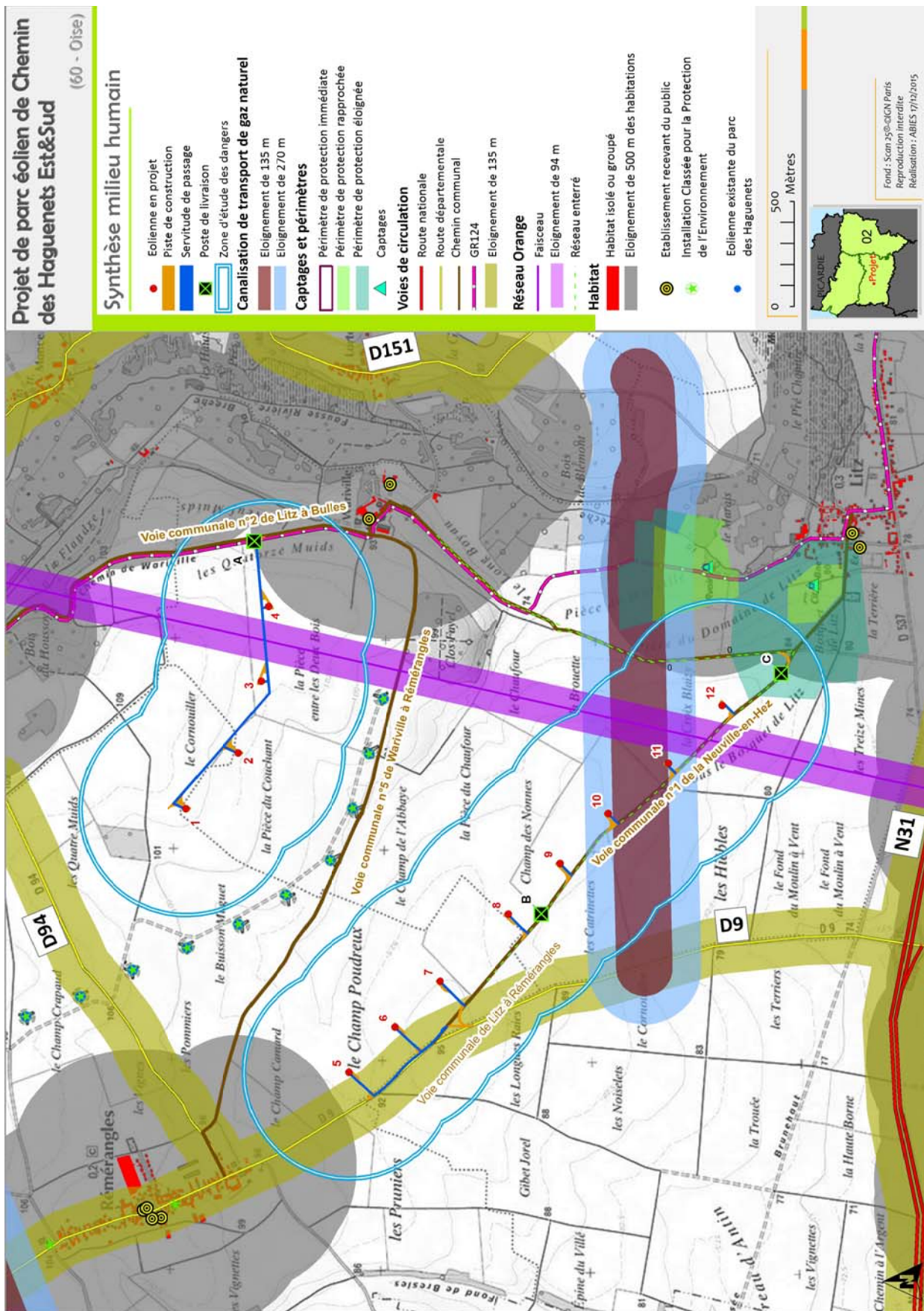
Compte tenu du respect des éloignements requis par le gestionnaire de réseau, la canalisation de gaz n'est pas retenue comme source potentielle de dangers pour le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud.

3.2.6 Conclusion

La précédente analyse des dangers liés à l'environnement du site éolien a permis de retenir les potentiels de dangers suivants :

	Potentiel de dangers	Phénomènes dangereux maximum associés	
Environnement naturel	Vents violents	Chute de l'éolienne	Retenu
	Périodes de gel et de neige	Projection de givre ou de glace	Retenu
	Foudre	Incendie de la nacelle	Retenu
	Inondation	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Remontée des nappes	Chute de l'éolienne	Retenu
	Retrait et gonflement d'argile	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Mouvements de terrain	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Feux de forêts	Incendie	Non retenu
	Séisme	Chute de l'éolienne	Retenu
Environnement technologique	Rupture de barrage	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Transport de marchandise dangereuse	Chute de l'éolienne	Non Retenu
	Risques miniers	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Voies de circulation	Chute d'éolienne	Retenu
	Activités industrielles	Chute de l'éolienne	Retenu
	Aviation	Collision avec une éolienne	Non retenu
Autres ouvrages	Conduite de gaz	Chute de l'éolienne	Retenu

Tableau 10 : potentiels de dangers retenus pour l'analyse préliminaire des risques pour le projet éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud



Carte 7 : cartographie de synthèse des enjeux du milieu humain



4 Description de l'installation



4.1	Caractéristiques d'un parc éolien	33
4.1.1	Eléments constitutifs d'un aérogénérateur	33
4.1.2	Emprise au sol	34
4.1.3	Chemins d'accès	35
4.1.4	Autres installations	35
4.2	Caractéristiques du projet de Chemin des Haguenets Est&Sud	35
4.2.1	Activité de l'installation	35
4.2.2	Les éoliennes choisies : Vestas V110 - 2,2 MW (ou équivalente)	36
4.2.3	Description de l'installation	36
4.2.4	Le rotor et les pales	37
4.2.5	Le mât	38
4.2.6	La nacelle	38
4.2.7	Refroidissement et lubrification	41
4.2.8	La couleur des éoliennes et le traitement de surface	44
4.2.9	Les fondations	44
4.2.10	Le balisage aéronautique	45
4.3	Fonctionnement des éoliennes	47

4.4	Durée de vie	47
4.5	Organisation du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud	47
4.6	Puissance électrique	51
4.7	Evacuation de l'électricité produite	51
4.8	Production estimée	52
4.9	Les équipements annexes	52
4.10	Fonctionnement des réseaux de l'installation	52
4.10.1	Le raccordement électrique	52
4.10.2	Réseau inter-éolien enterré	52



4.10.3	Poste de livraison.....	54
4.10.4	Réseau électrique externe	54
4.10.5	Autres réseaux	55
4.10.6	Modalités de réalisation du raccordement (art 24)	57
4.11	Dispositions constructives	64
4.11.1	Sécurité de l'installation	64
4.11.2	Opérations de maintenance de l'installation	65
4.11.3	Stockage et flux de produits dangereux	71

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

4.1 Caractéristiques d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe 4.10) :

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

4.1.1 Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

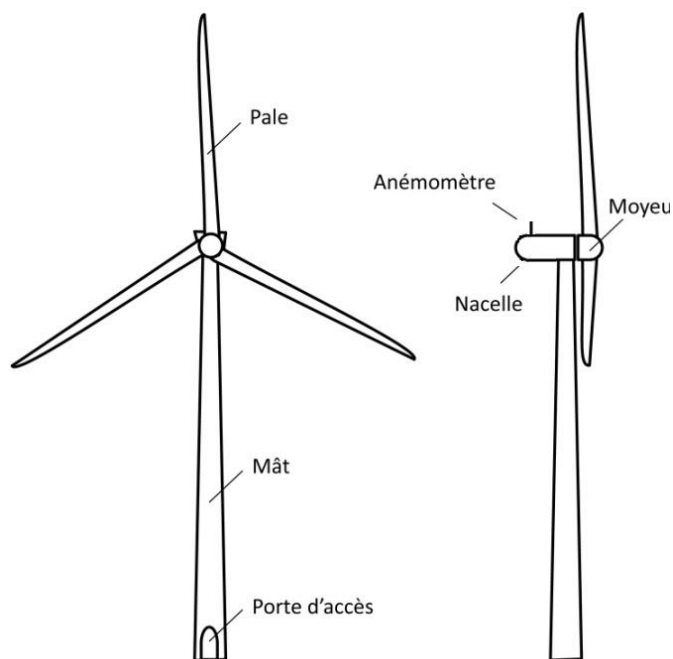


Figure 2 : schéma simplifié d'un aérogénérateur

4.1.2 Emprise au sol

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

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

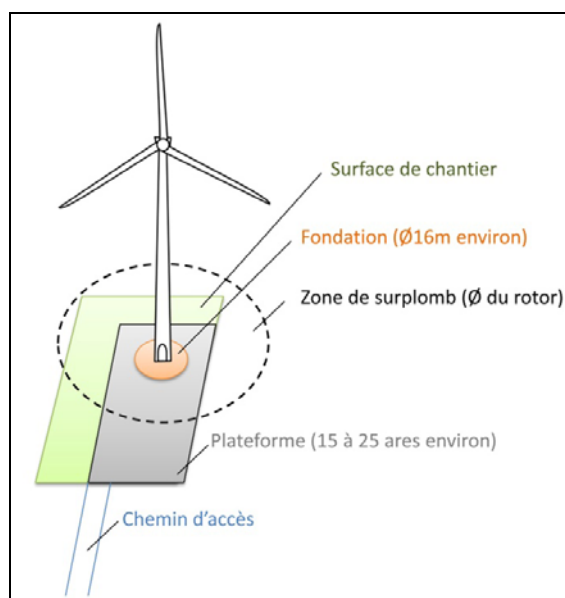


Figure 3 : illustration des emprises au sol d'une éolienne

4.1.3 Chemins d'accès

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

- Ces aménagements concernent principalement les chemins de terre existants ;
- Quelques nouveaux chemins seront créés sur des parcelles agricoles et forestières.

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

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

4.1.4 Autres installations

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

Dans le cadre du projet éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud, deux aires de stationnement seront créées à proximité de deux postes de livraison. Des informations relatives au fonctionnement du parc éolien seront exposées sur au moins l'une d'entre elles.

4.2 Caractéristiques du projet de Chemin des Haguenets Est&Sud

4.2.1 Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec des éoliennes constituées d'un mât de 80 mètres et un rotor de 110 mètres de diamètre, soit une hauteur en bout de pale culminant à 135 mètres.

Cette installation est soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

4.2.2 Les éoliennes choisies : Vestas V110 - 2,2 MW (ou équivalente)

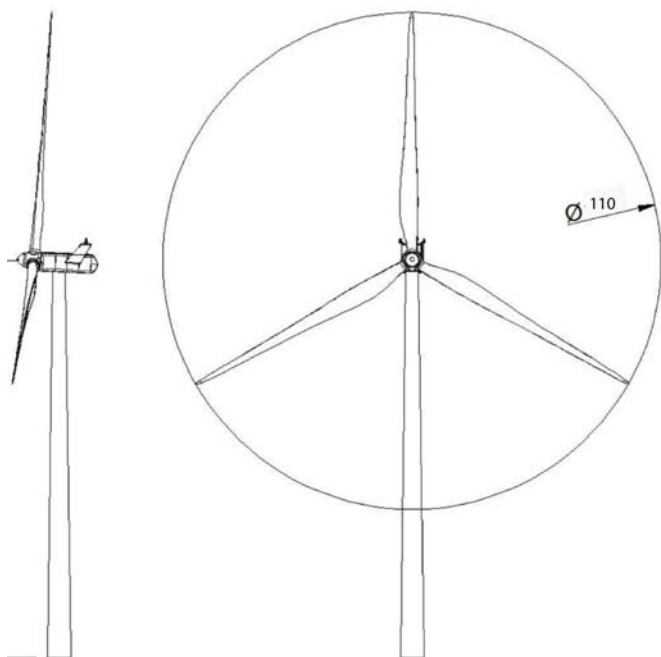


Figure 4 : schéma de l'éolienne V110



Figure 5 : photo d'une éolienne V110 [source : Vestas]

Une éolienne est composée de :

- trois pales réunies au moyeu ; l'ensemble est appelé rotor ;
- une nacelle supportant le rotor, dans laquelle se trouve des éléments techniques indispensables à la création d'électricité (génératrice, convertisseur, transformateur, ...) ;
- un mât maintenant la nacelle et le rotor ;
- une fondation assurant l'ancrage de l'ensemble.

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

L'électricité est évacuée de l'éolienne puis elle est délivrée directement sur le réseau électrique. L'électricité n'est donc pas stockée.

4.2.3 Description de l'installation

Un parc éolien est composé de :

- Plusieurs éoliennes ;
- D'un ou de plusieurs postes de livraison électrique ;
- De liaisons électriques ;
- De chemins d'accès,
- D'un mât de mesures, ...

L'illustration ci-après décrit le fonctionnement d'un parc éolien et la distribution électrique sur le réseau.

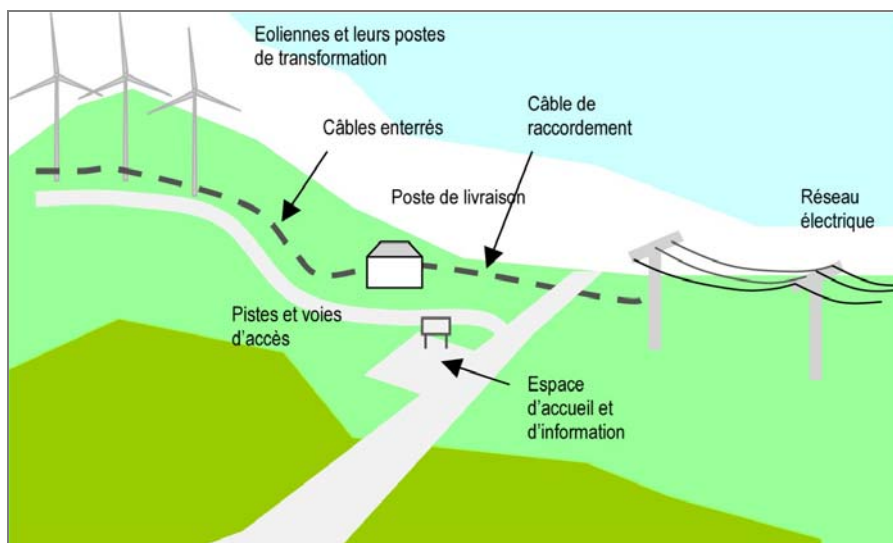


Figure 6 : schéma électrique d'un parc éolien (source : guide éolien version 2010)

Le parc éolien de Chemin des Hagenets Est&Sud est composé de :

- 12 éoliennes de type V110, développant une puissance électrique totale de 26,4 MW ;
- 3 postes de livraison ;
- Des chemins de desserte à chacune des 12 éoliennes créés depuis les voies communales ou chemins ruraux existants ;
- Des liaisons électriques inter-éoliennes enterrées, ...

Conformément aux exigences de la Direction Générale de l'Aviation Civile, les 12 éoliennes seront blanches et munies de feux à éclats (blanc pour la journée et rouge pour la nuit).

Les chemins de desserte seront redimensionnés, une fois les travaux achevés, pour atteindre une largeur de 5 mètres pour toute la période d'exploitation.

4.2.4 Le rotor et les pales

L'éolienne V110 est équipée d'un rotor de 110 mètres de diamètre composé de 3 pales et du moyeu. La surface balayée par le rotor est de 9 503 m².

Les caractéristiques des pales sont indiquées dans le tableau suivant :

	Pale de l'éolienne V110
Longueur	55 m
Poids d'une pale	10 tonnes (rotor complet)
Matériau	Fibre de verre renforcée avec époxy et fibre de carbone

Tableau 11 : caractéristiques des pales des éoliennes V110 -2,2 MW

La pale de la V110 est relativement légère grâce à l'utilisation d'une gamme de nouveaux matériaux. Par exemple, la fibre de carbone - un matériau résistant, rigide et très léger a été utilisé en remplacement de la fibre de verre pour l'élaboration de la structure supportant la charge des pales. Grâce à la résistance de cette fibre, il est devenu possible de réduire la quantité de matériau employée pour la réalisation des pales et donc de diminuer appréciablement le poids total ainsi que les charges.

De plus, les profils aérodynamiques des pales sont d'une nouvelle génération permettant d'augmenter la production d'énergie, de réduire l'impact de la rugosité sur le bord d'attaque de la pale, et de maintenir une bonne continuité géométrique entre un profil aérodynamique et le suivant. La géométrie de ces nouvelles pales a été définie en optimisant la relation entre l'impact général de la charge mécanique sur l'éolienne et sa production annuelle d'énergie. Le profil aérodynamique a été développé en collaboration avec le Laboratoire National de Risø, au Danemark.

4.2.5 Le mât

Les tours tubulaires sont en acier. Elles sont certifiées selon les normes en vigueur. Elles peuvent être disponibles selon différentes hauteurs standards. Leur poids dépend de la classe des vents et des conditions rencontrées sur le site. Les caractéristiques des mâts sélectionnés sont présentées dans le tableau ci-après.

	Mât d'éolienne V110
Description	Tube conique
Matériau	Acier
Hauteur	80 m
Classe de vent (IEC)	IEC 2B
Diamètre section basse (D_A)	4,2 m
Diamètre section haute (D_B)	2,3 m
Nombre de sections	4
Poids (tonnes) - valeurs moyennes -	220 t pour 1 mât de 80 m

Tableau 12 : caractéristiques du mât de l'éolienne V110 - 2,2 MW

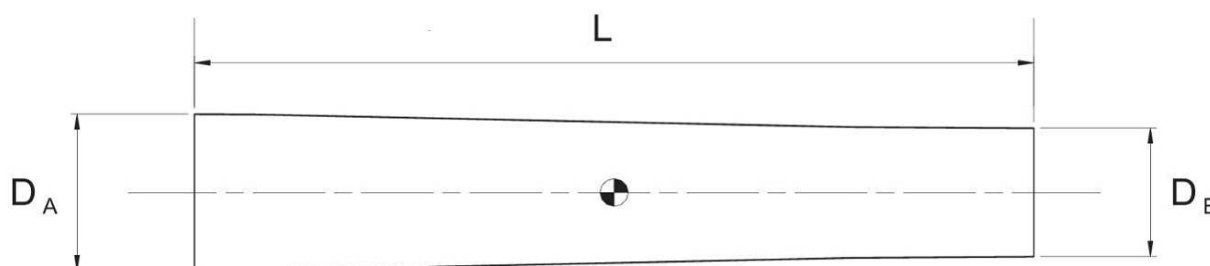


Figure 7 : croquis simplifié du mât

4.2.6 La nacelle

La nacelle est le cœur de l'éolienne. Sous l'habillage aérodynamique, elle contient entre autre :

- une plateforme de travail ;
- un générateur ;
- un moyeu.

Le tableau ci-après précise les caractéristiques dimensionnelles de la nacelle :

	Eolienne V110 - 2,2 MW
Longueur (m)	10,4
Largeur (m)	3,9
Hauteur avec refroidisseur (m)	5,4
Hauteur sans refroidisseur (m)	3,4
Poids (tonnes)	71 (à vide)

Tableau 13 : caractéristiques des nacelles des éoliennes V110 - 2 MW

Le toit est équipé d'anémomètres et girouettes et de puits de lumière qui peuvent être ouverts depuis l'intérieur de la nacelle pour accéder au toit.

Le poids de la nacelle est supporté par le mât par l'intermédiaire du palier d'orientation. Le support principal est fixé directement sur le palier d'orientation. Une fois installée, l'ensemble nacelle - rotor, supporté par le mât pèse jusqu'à 71 tonnes.

Les principaux éléments présents dans la nacelle sont présentés ci-après.

4.2.6.1 Système de régulation

L'inclinaison des pales s'ajuste, en fonction de l'apport en énergie du vent à la turbine, à l'aide du Pitch system. L'angle de calage des pales sur le moyeu peut donc varier à l'aide de vérins hydrauliques placés sur un axe longitudinal afin de profiter au maximum du vent instantané. La variation de l'angle de calage entraîne une diminution ou une augmentation de la portance de la pale, donc du couple moteur. Un système de contrôle permet de déterminer la meilleure position des pales en fonction de la vitesse du vent et commande le système hydraulique afin d'exécuter le positionnement.

Ce système permet donc de maximiser l'énergie absorbée par l'éolienne mais il fonctionne également comme le premier mécanisme de freinage en plaçant les pales en drapeau en cas de vents violents. C'est le système le plus efficace car il permet une régulation constante de la rotation du générateur en bout de ligne, donc de la puissance.

Les pales sont contrôlées par un microprocesseur appelé OptiTip®.

Vestas Pitch system	
	V110
Type	Hydraulique
Nombre	1 vérin hydraulique par pale
Angle	-5° to 90°
	V110
Pompe principale	Pompe à piston radial
Pression	200 à 230 bars
Moteur	20 kW

Tableau 14 : caractéristiques du système de régulation et du système hydraulique des éoliennes V110 - 2,2 MW

4.2.6.2 Le multiplicateur

Le multiplicateur se situe entre le rotor et le générateur. Pour des raisons techniques le rotor n'est pas lié directement à la génératrice. En effet, la plupart des générateurs ont besoin de tourner à très grande vitesse (de 1 000 à 2 000 tours/min) ; pour garder un bon rendement il est donc nécessaire d'augmenter la fréquence de rotation du rotor avant d'entraîner un générateur électrique classique. Cette augmentation est réalisée à l'aide du multiplicateur qui correspond à un train d'engrenages.

Le rotor transmet donc l'énergie du vent au multiplicateur via un arbre lent (30 à 40 tours/min) ; le multiplicateur va ensuite entraîner un arbre rapide (1 000 à 2 000 tours/min) et se coupler au générateur électrique. Un frein à disque est monté directement sur l'arbre rapide. Le couplage avec l'arbre rapide se fait par l'intermédiaire de deux disques en matériaux composites, d'un tube intermédiaire avec deux brides d'aluminium et d'un tube en fibre de verre.

Multiplicateur	
Type	3 étages : - 1 étage planétaire - 2 étages multiplicateurs hélicoïdaux
Quantité d'huile	315 à 405 litres selon les multiplicateurs
Refroidissement	huile refroidie par échangeur air/eau via le Vestas cooler Top™
Propriété de l'huile	-/15/12 ISO 4406

Tableau 15 : caractéristiques de la boîte de vitesse des éoliennes V110 - 2,2 MW

4.2.6.3 Le générateur électrique

L'énergie mécanique du vent est transformée en énergie électrique par le générateur. Dans le cas des éoliennes projetées, il s'agit d'un générateur triphasé asynchrone à rotor bobiné (les enroulements du rotor couplés en étoile sont reliés au Vestas Converter System® via un système de contacts rotatifs). Les génératrices asynchrones peuvent supporter de légères variations de vitesse ce qui est un atout pour les éoliennes où la vitesse du vent peut évoluer rapidement notamment lors de rafales.

Le générateur dispose d'un circuit de refroidissement interne et externe. Le circuit externe extrait l'air de la nacelle vers l'extérieur.

Générateur électrique	
Description	Générateur triphasé asynchrone à rotor bobiné
Puissance nominale	2,2 MW
Fréquence	50 Hz
Tension stator	690 V
Tension rotor	480 V
Nombre de pôles	4
Efficacité (générateur)	> 97%
Limite de vitesse (selon IEC)	2 900 tours/min
Niveau de vibration	< 1,8 mm/s

Tableau 16 : principales caractéristiques des générateurs des éoliennes V110 - 2,2 MW

4.2.6.4 Le transformateur

Le transformateur constitue l'élément électrique qui va élever la tension issue du générateur pour permettre le raccordement au réseau de distribution.

Le transformateur est situé dans une pièce séparée, verrouillée dans la nacelle avec les parafoudres montés sur le côté haute tension du transformateur. Dans le cas du projet, il s'agit d'un transformateur triphasé de type sec dont les caractéristiques sont présentées ci-après :

Transformateur	
Type	transformateur triphasé de type sec
Tension primaire	6-35 kV
Puissance apparente	2 300 kVA
Tension secondaire 1	690 V
Puissance apparente à 690 V	2 050 kVA
Tension secondaire 2	480 V
Puissance apparente à 480 V	250 kVA
Fréquence	50 Hz

Tableau 17 : principales caractéristiques du transformateur des éoliennes V110 - 2,2 MW

4.2.6.5 Les autres éléments électriques

Si le générateur et le transformateur constituent les deux systèmes électriques principaux dans le fonctionnement des éoliennes présents dans la nacelle, on retrouve d'autres éléments électriques dans les éoliennes Vestas V110 - 2,2 MW:

- ✓ le convertisseur Vestas Converter System® qui contrôle l'énergie convertie dans le générateur : il se trouve dans la nacelle ;
- ✓ le Système auxiliaire qui alimente les différents moteurs, pompes, ventilateurs et appareils de chauffage de l'éolienne, il se trouve dans la nacelle dans les armoires de commandes ;
- ✓ un capteur de vent à ultrasons avec chauffage intégré : il se trouve sur Vestas Cooler Top™ ;
- ✓ le système de commande est constitué de différents processeurs situés dans le rotor, dans la nacelle et en pied de mât ;
- ✓ l'onduleur qui permet d'alimenter les composants en cas de panne, il se trouve au pied de la tour ;
- ✓ les câbles haute-tension allant de la nacelle au bas de la tour.

4.2.7 Refroidissement et lubrification

4.2.7.1 Le refroidissement

Le refroidissement des composants principaux de la nacelle (multiplicateur, groupe hydraulique, convertisseur VCS) se fait par un système de refroidissement à eau tandis que le générateur et le transformateur sont refroidis par air (air forcé ou air ambiant).

Composant	Système de refroidissement	Chauffage interne
Nacelle	air forcé	oui
Hub	air ambiant	non
Multiplicateur	eau/huile	oui
Générateur	air forcé/air ambiant	non
Collecteur	Air forcé/air ambiant	oui
Transformateur	air forcé	non
Convertisseur VCS	eau/air ambiant	oui
Groupe hydraulique	eau/huile	oui

Tableau 18 : les systèmes de refroidissement des composants de la nacelle de l'éolienne Vestas V110 - 2,2 MW

Tous les autres systèmes de production de chaleur sont également équipés de ventilateurs ou de refroidisseurs mais ils sont considérés comme des contributeurs mineurs à la thermodynamique de la nacelle.

4.2.7.2 Refroidissement par eau (Vestas Cooler Top TM)

Le système de refroidissement Vestas Cooler Top™ utilise l'énergie du vent pour refroidir les principaux éléments de la nacelle. Le refroidissement à eau glycolée fonctionne en boucle fermée sur un échangeur disposé sur le toit de la nacelle.

Le système de refroidissement à eau est équipé d'une vanne à trois voies thermostatiques ; celui-ci est fermé (débit total d'eau sans passer par le refroidisseur d'eau) lorsque la température de l'eau de refroidissement est inférieure à 35°C et est complètement ouvert (le débit total de l'eau est amené au refroidisseur d'eau) pour une température supérieure à 43°C.

4.2.7.3 Refroidissement par air

Le conditionnement de la température des nacelles Vestas est réalisé par un flux d'air constant et se compose d'un ventilateur et de deux appareils de chauffage de l'air. Pour éviter la condensation dans la nacelle, les deux appareils de chauffage gardent la température à l'intérieur de la nacelle à 5°C au-dessus de la température ambiante.

La génératrice des éoliennes V110 - 2.2 MW est équipée d'un système de refroidissement à air forcé. L'air est prélevé dans la nacelle par un ventilateur et soufflé au travers du générateur avant évacuation extérieure.

4.2.7.4 La lubrification

La présence de nombreux éléments mécaniques dans la nacelle implique un graissage au démarrage et en exploitation afin de réduire les différents frottements et l'usure entre deux pièces en contact et, en mouvement l'une par rapport à l'autre.

Les éléments chimiques et les lubrifiants utilisés dans les éoliennes Vestas sont certifiés ; on notera parmi les principaux éléments chimiques :

- ✓ le liquide de refroidissement (eau glycolée) ;
- ✓ les huiles de lubrification pour la boîte de vitesse ;
- ✓ les huiles pour le système hydraulique du Pitch system ;
- ✓ les graisses pour la lubrification des roulements ;
- ✓ les divers agents nettoyants et produits chimiques pour la maintenance de l'éolienne.

Nous reviendrons sur la toxicité de ces éléments dans le chapitre dédié à ce sujet.

In fine, une éolienne V110 renferme les quantités globales suivantes de lubrifiants :

- ✓ 120 litres de liquides de refroidissement ;
- ✓ 315 à 405 litres d'huiles selon le type de multiplicateur ;
- ✓ environ 6 kg de graisses.

Chaque année, les quantités globales de lubrifiants qui sont changées sont les suivantes :

- ✓ 120 litres de liquides de refroidissement ;
- ✓ près de 10 kg de graisses.

Pos.	Points de lubrification	Lubrifiants	Quantité	Vérification	Changement des filtres
1	Vérins des pales	SKF LGWM1	10 g par broches	Tous les 12 mois	-
2	Roulement pour les pales	Shell Rhodina BBZ	3200 g/2628 cm ³	Tous les 12 mois	-
3	Boulons du rotor	SKF LGWM1	2 x 25 g	Tous les 6 mois	-
4	Roulements principaux				
	– Roulements avant	SKF LGWM1	1200 g/1304 cm ³	Tous les 6 mois	-
– Roulements arrière	SKF LGWM1	1200 g/1304 cm ³	Tous les 6 mois		
5	Boîte de vitesse	Mobilgear SHC XMP 320	330 à 405 litres (selon le fabricant)	Selon l'analyse d'huile	Tous les ans
6	Système hydraulique	Texaco Rando WM 32	315 litres	Selon l'analyse d'huile	Tous les ans
7	Lubrifiant du générateur	Klüberplex BEM 41-132	environ 2 400 g	-	Tous les ans
8	Palan interne	ABB: Mobilgear 630	-	-	-
9	Chaîne du palan interne	White Oil Farmaceutical 240, 29934	-	Tous les 12 mois	-
10	Moteur d'orientation de la nacelle	Shell Tivela S 320	-	Tous les 12 mois	-
11	Système de rotation de la nacelle	Klüberplex AG11-462	environ 100 g	Tous les 6 mois	-
12	Système d'orientation	Shell Stamina HDS 2	environ 200 g	Tous les 6 mois	-

Tableau 19 : principaux lubrifiants utilisés

4.2.8 La couleur des éoliennes et le traitement de surface

La couleur des éoliennes est définie en termes de quantités colorimétriques et de facteur de luminance, celle-ci est fixée par l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes :

- les quantités colorimétriques sont limitées au domaine blanc ;
- le facteur de luminance est supérieur à 0,4 ;
- cette couleur est appliquée uniformément sur l'ensemble des éléments constituant l'éolienne.

Les principales références RAL utilisables par les constructeurs d'éoliennes sont :

- les nuances RAL 9003, 9010, 9016 qui se situent dans le domaine blanc et qui ont un facteur de luminance supérieur ou égal à 0,75 ;
- la nuance RAL 7035 qui se situe dans le domaine blanc et qui a un facteur de luminance supérieur ou égal à 0,5 mais strictement inférieur à 0,75 ;
- la nuance RAL 7038 qui se situe dans le domaine du blanc et qui a un facteur de luminance supérieur ou égal à 0,4 mais strictement inférieur à 0,5.

La couleur standard appliquée aux machines Vestas V110 - 2,2 MW est le RAL 7035 pour les tours et les inserts. En tant qu'option, la couleur RAL 9010 pour les tours existe si le client le souhaite.

4.2.9 Les fondations

Le type et le dimensionnement exacts des fondations seront déterminés suite aux résultats de l'expertise géotechnique. Dans le cas classique, les fondations devraient être similaires à celles ci-après.

Il est à noter que ce type de fondations, avec une semelle enfouie entre 3 et 5 mètres sous terre, permet de limiter la gêne à l'activité agricole.

Pour chacune des fondations des 12 éoliennes, il est prévu une excavation d'environ 2 415 m³ de terre.

Les prescriptions techniques de Vestas précisent que les fondations des éoliennes sont généralement rondes.



Exemple de ferrailage en radier pour une éolienne

Dans tous les cas, les normes ci-dessous seront respectées :

- Fascicule 62 Titre I Section I dit règles "BAEL 91" précisant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé, suivant la méthode des états limites ;
- Fascicule 62 Titre I Section II dit règles "BPEL 91" précisant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint, suivant la méthode des états limites ;
- Fascicule 62 Titre V, précisant les règles techniques de conception et de calcul de fondations des ouvrages de génie civil ;
- NF EN 1991-1-4: Eurocode 1 - Partie 1-4 : Actions du vent naturel pour le calcul structurel des bâtiments et des ouvrages de génie civil ;
- NF EN 206-1: Béton - Partie 1 : spécification, performances, production et conformité.

Avant toute opération de montage des éoliennes, la bonne planéité du massif réalisé fait l'objet d'un contrôle très rigoureux.

4.2.10 Le balisage aéronautique

L'arrêté du 13 Novembre 2009 fixe les exigences en ce qui concerne la réalisation du balisage des éoliennes. La hauteur totale de l'obstacle à considérer est la hauteur maximale de l'éolienne, c'est-à-dire avec une pale en position verticale au-dessus de la nacelle.

Le nouvel arrêté relatif au balisage des éoliennes en France est entré en vigueur le 1er mars 2010 et a remplacé l'Instruction n° 20700 DNA du 16 novembre 2000. Toutes les éoliennes doivent être dotées d'un balisage lumineux d'obstacle.

L'installation sera conforme à l'article 11 de l'arrêté du 26 aout 2011 et donc 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, qui indiquent :

- **Le jour :** chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux, assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 candelas [cd]). Ces feux doivent être installés sur le sommet de la nacelle et doivent assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts.
- **La nuit :** chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de nuit assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 candelas). Ces feux doivent être installés sur le sommet de la nacelle et doivent assurer une visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts.
- **Passage du balisage lumineux de jour au balisage de nuit :** le jour est caractérisé par une luminance de fond supérieure à 500 cd/m², le crépuscule est caractérisé par une luminance de fond comprise entre 50 cd/m² et 500 cd/m², et la nuit est caractérisée par une luminance de fond inférieure à 50 cd/m². Le balisage actif lors du crépuscule est le balisage de jour, le balisage de nuit est activé lorsque la luminance de fond est inférieure à 50 cd/m².

Les feux seront synchronisés et agréés par le Service Technique de l'Aviation Civile.

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

Les éoliennes Vestas V110 - 2,2 MW sont équipées de feux d'obstacles clignotants de technologie ORGA L303-864/865 ou L450-63A/63B. Ces systèmes de balisage de structures présentant un danger pour l'aviation intègrent des technologies de pointe fiables sur le long terme et à faible consommation d'énergie.



Fréquence	40 flash par minute, le jour
	40 flash par minute, la nuit
Intensité	20 000 cd le jour
	2 000 cd la nuit
Visibilité	360°
Certification	ICAO Annex 14 Volume 1, 4th Edition, July 2004, Chapter 6, Medium Intensity Type A and Type B obstacle light depending on model.

Tableau 20 : caractéristiques du système de balisage aéronautique

4.3 Fonctionnement des éoliennes

Quand le vent se lève (dès 4 à 5 km/h), un automate, informé par une girouette, 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 la génératrice électrique.

Lorsque le vent est suffisant (environ 10 km/h), l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor tourne alors à sa vitesse nominale comprise entre 6 et 21,5 tours par minute (et la génératrice à 1 500 tours/minute).

La génératrice délivre alors un courant électrique alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 volts, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent. Ainsi, lorsque cette dernière croît, la portance s'exerçant sur le rotor s'accroît et la puissance délivrée par la génératrice augmente.

Quand le vent atteint une quarantaine de km/h, l'éolienne fournit sa puissance maximale (2 200 kW). Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales. Un système hydraulique régule la portance en modifiant l'angle de calage des pales par pivotement sur leurs roulements (chaque pale tourne sur elle-même).

Lorsque le vent dépasse 75 km/h pendant plus de 100 secondes, les pales sont mises en drapeau (parallèles à la direction du vent). L'éolienne ne produit plus d'électricité. Le rotor tourne alors lentement en roue libre et la génératrice est déconnectée du réseau. Dès que la vitesse du vent redevient inférieure à 65 km/h pendant 10 minutes, l'éolienne se remet en production.

Toutes ces opérations sont totalement automatiques et gérées par ordinateur. En cas d'urgence, un frein à disque placé sur l'axe permet de placer immédiatement l'éolienne en sécurité.

4.4 Durée de vie

La durée prévisionnelle de vie des présents aérogénérateurs est d'une vingtaine d'années.

D'autre part, le démantèlement des installations est relativement rapide et aisé. Ce démontage est rendu obligatoire par la Loi du 3 janvier 2003, relative aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie. Ceci a été confirmé par la Loi du 2 juillet 2003 « Urbanisme et Habitat ».

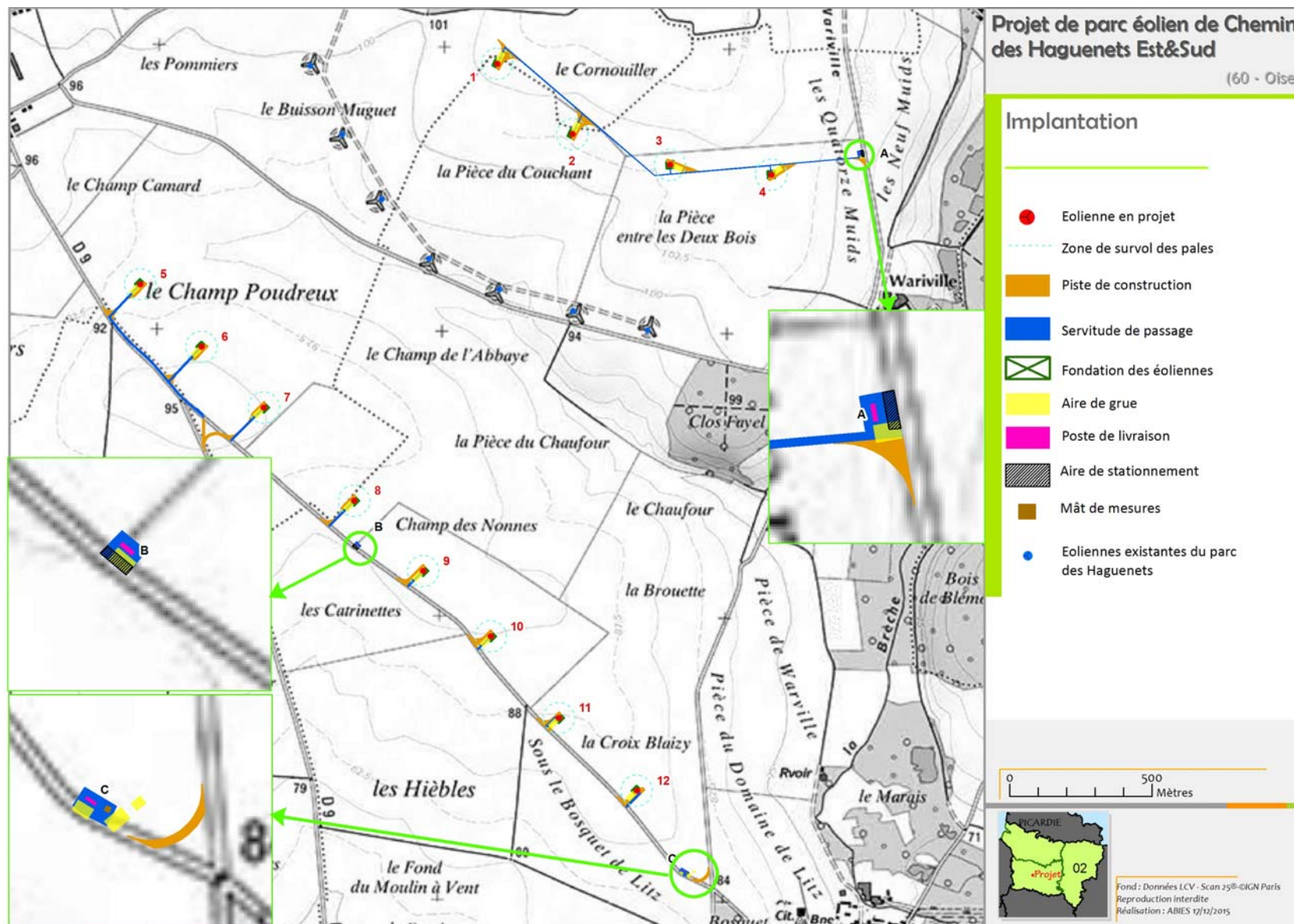
La Loi du 12 juillet 2010, portant engagement national pour l'environnement, fixe dans l'article L.553-3 que « l'exploitant d'une installation produisant de l'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent ou, en cas de défaillance, la société mère est responsable de son démantèlement et de la remise en état du site, dès qu'il est mis fin à l'exploitation, quel que soit le motif de la cessation de l'activité. Dès le début de la production, puis au titre des exercices comptables suivants, l'exploitant ou la société propriétaire constitue les garanties financières nécessaires. »

Le décret n° 2011-985 du 23 août 2011, modifié par celui du 6 novembre 2014 pris pour l'application de l'article L.553-3 du code de l'environnement précise les conditions des garanties financières à apporter et les prescriptions générales pour les opérations de démantèlement et de remise en état d'un site.

4.5 Organisation du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud

Les cartes suivantes présentent :

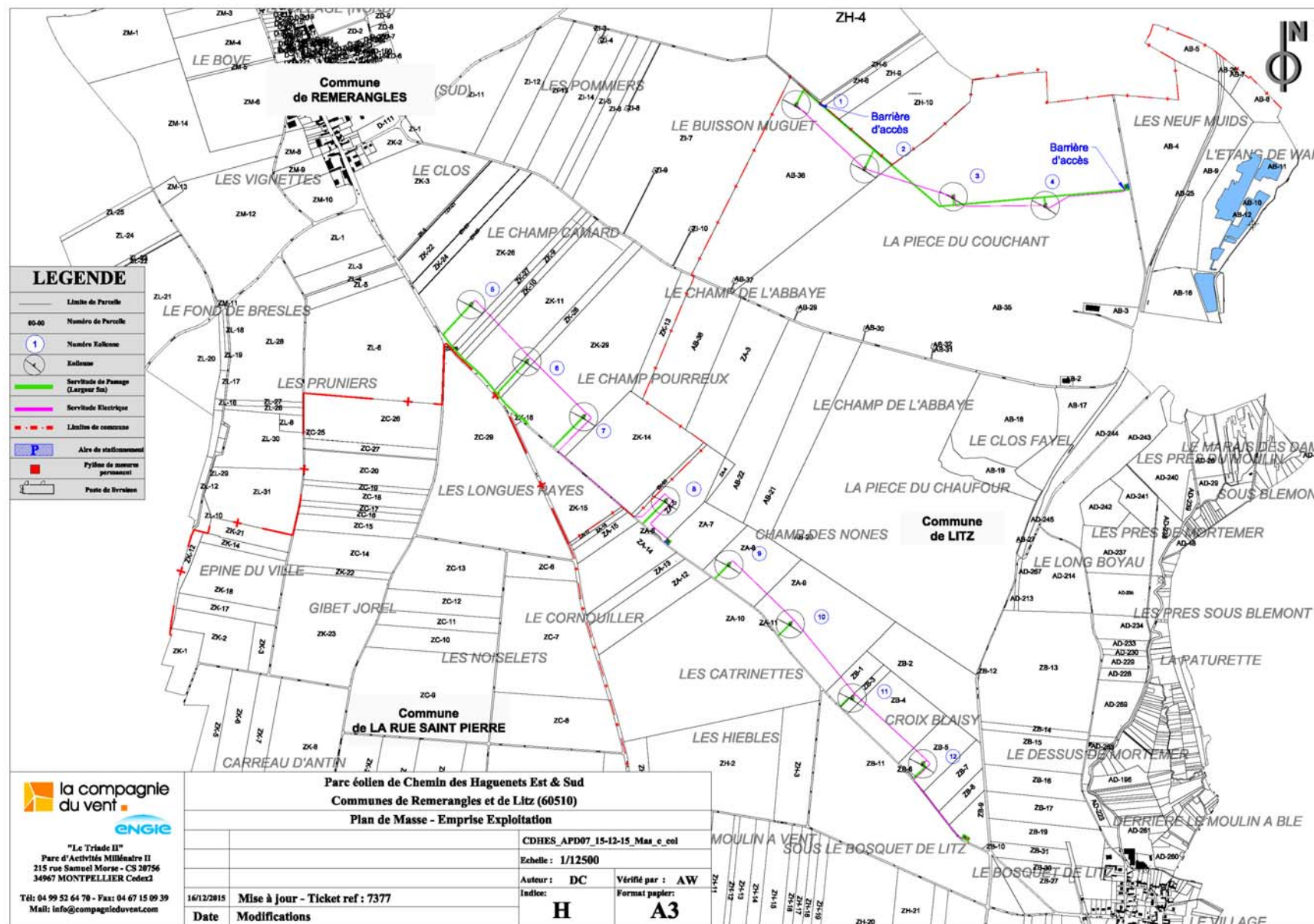
- La carte administrative ;
- Un plan de situation des éoliennes sur un fond de photographie aérienne ;
- Un plan cadastral.



Carte 8 : implantation des 12 éoliennes de Chemin des Hagenets Est&Sud



Carte 9 : le projet éolien de de Chemin des Hagenets Est&Sud



Carte 10 : plan de masse en exploitation du projet éolien de Chemin des Hagenets Est&Sud

4.6 Puissance électrique

S'agissant d'une production d'électricité destinée à être évacuée sur le réseau national, il a été nécessaire de connaître la capacité de transport de ce réseau. Plusieurs éléments interviennent alors dans la puissance autorisée :

- * dans le cadre de sa mission de service public, ErDF (Electricité Réseau Distribution de France), gestionnaire du réseau de distribution, a une obligation d'achat de l'électricité produite par des producteurs indépendants au moyen des énergies renouvelables ;
- * la puissance maximale de transit dans une liaison 20 000 volts est d'une douzaine de mégawatts environ.

Le présent projet totalisant 26,4 MW de puissance, trois liaisons souterraines jusqu'au poste source seront nécessaires.

4.7 Evacuation de l'électricité produite

A l'intérieur de chaque éolienne, un transformateur élèvera la tension produite par les génératrices à la tension requise pour le transport et la vente (20 000 volts) de l'électricité.

La production sera livrée au réseau d'électricité par l'intermédiaire des trois postes de livraison. Le raccordement pourrait se faire sur le poste de Saint-Sépulcre, situé à 13,7 km au sud du parc éolien.

Le choix du raccordement se fera en concertation avec ErDF. Le raccordement au poste source se fera par trois liaisons souterraines à 20 000 volts via une même tranchée. Le tracé de cette liaison empruntera les routes et chemins existants. Le maître d'ouvrage de ce raccordement ne sera pas La Compagnie du Vent, ni sa filiale Hagenets Energie, mais ErDF qui dispose du monopole de la distribution de l'électricité en France. Ainsi, d'une part le tracé exact ne sera défini qu'ultérieurement et d'autre part la construction de la ligne électrique souterraine à 20 000 volts se fera sous un régime administratif différent : « l'article 50 » (de la Loi du 29 juillet 1927). Une étude de faisabilité a été demandée auprès d'ErDF, sans retour à ce jour.

Le dossier est étudié en deux temps : un dossier « minute » est élaboré avec ErDF et un bureau d'études spécialisé. Il comprend notamment une notice d'impact.

Une fois l'accord d'ErDF obtenu sur le dossier minute, les dossiers définitifs sont déposés à la DDT qui consulte les mairies et les services de l'Etat. Les services consultés ont un mois pour émettre des réserves. La DDT rend son avis dans les deux mois. Parallèlement, des conventions de servitude de passage sont signées avec tous les propriétaires concernés.

Ainsi, concrètement depuis la mise en place de la nouvelle procédure de demande de raccordement à ErDF, les conditions techniques et financières de ce raccordement ne sont pas connues avant le dépôt du permis de construire du parc éolien et la réception de la notification du délai d'instruction. En revanche, une première hypothèse peut être faite grâce aux données du Réseau de Transport Electrique disponible sur internet. En effet, les réseaux électriques existants et la capacité des postes de transformation permettent d'envisager les conditions de raccordement.

Les chiffres évoluent avec le temps, et le tracé précis du raccordement n'est connu qu'à la réception de la proposition technique et financière (PTF) de la part d'ErDF, 3 mois après l'obtention du permis de construire du parc éolien, la nouvelle procédure ne permettant de rentrer en file d'attente qu'une fois le permis de construire obtenu.

4.8 Production estimée

L'exploitation des 14 éoliennes de Chemin des Haguenets depuis 2008, confirment la viabilité économique du projet de parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud.

La production électrique estimée des 12 nouvelles éoliennes sera de l'ordre de **70 millions de kWh par an** (production nette, tenant compte des pertes par effet de sillage et de la densité de l'air).

Ce productible couvre les besoins électriques domestiques d'environ de 30 200 habitant²s, soit plus de deux fois la consommation électrique de la Communauté de Communes Rurales du Beauvaisis (14 678 personnes en 2012).

Cette production s'ajoute à celle des 14 éoliennes en fonctionnement de Chemin des Haguenets (71 millions de kWh/an).

4.9 Les équipements annexes

Un parc éolien n'est pas uniquement composé d'éoliennes. Il inclut également un certain nombre d'équipements annexes.

- * trois postes de livraison ;
- * un mât de mesures de vent.

4.10 Fonctionnement des réseaux de l'installation

4.10.1 Le raccordement électrique

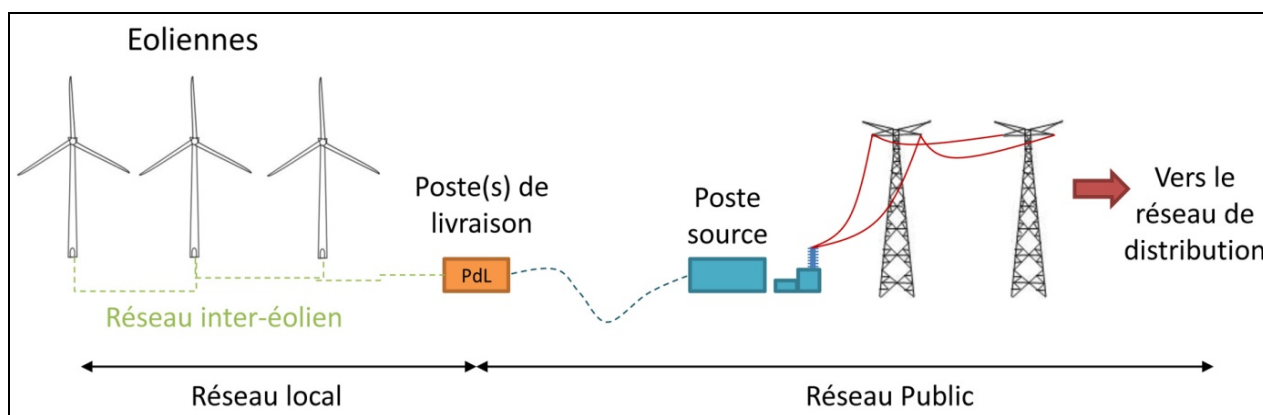


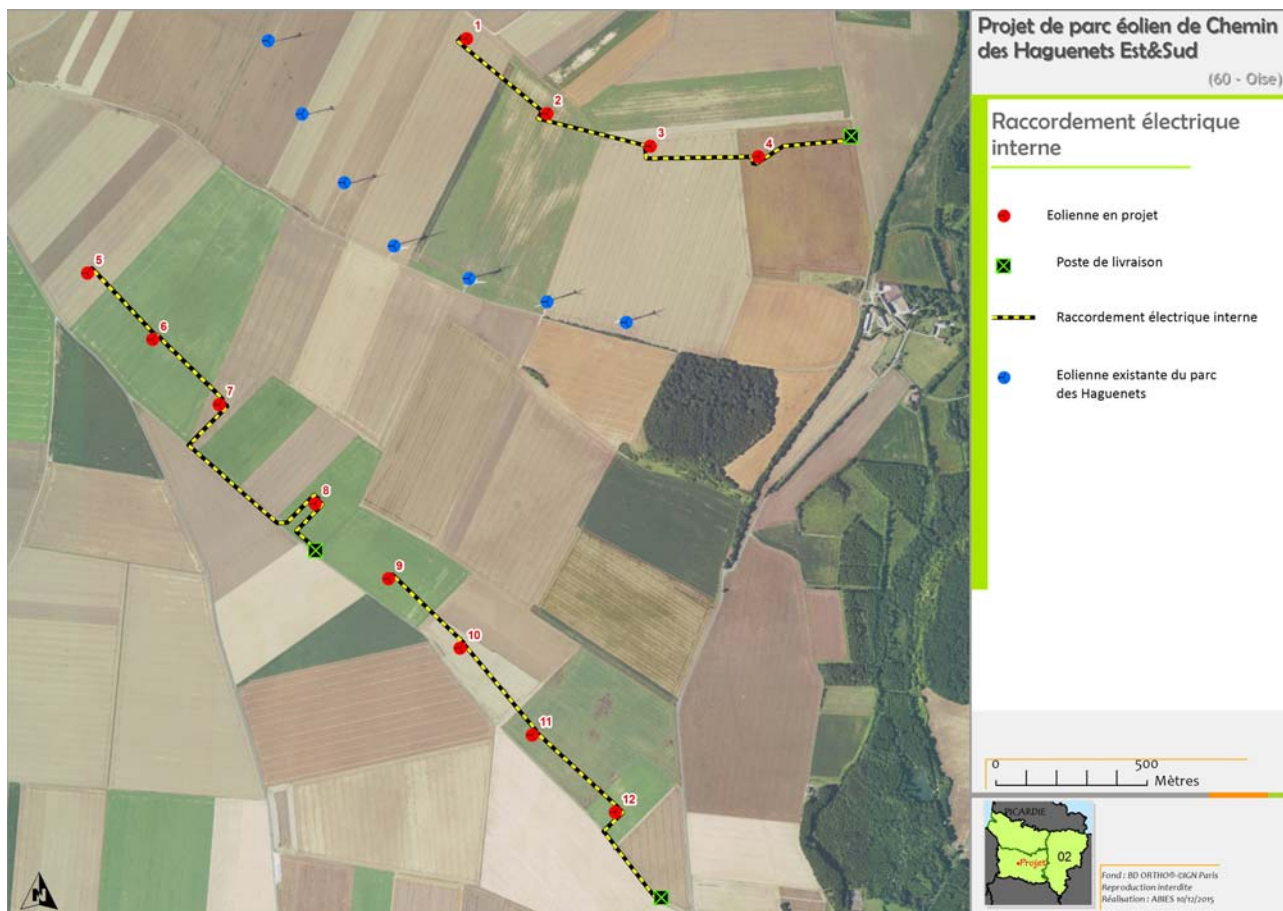
Figure 8 : schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

4.10.2 Réseau inter-éolien enterré

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans le mât de chaque éolienne, 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 1 mètre avec une bande d'avertisseur à 80 cm du sol.

Le linéaire nécessaire au raccordement électrique interne est de l'ordre de 5 kilomètres.

² La consommation électrique moyenne en Picardie est de 2 316 kWh/hab/an.



Carte 11 : le raccordement électrique interne

Les câbles respecteront les normes techniques applicables dans le domaine des installations HTA, notamment les normes :

- NFC13-200: installation électrique à haute tension - règles complémentaires pour les sites de production et les installations industrielles, tertiaires et agricoles ;
- NFC13-205: installations électriques à haute tension guide pratique - détermination des sections de conducteurs et choix des dispositifs de protection.

De plus, le maître d'ouvrage s'engage à :

- appliquer les prescriptions de l'arrêté ministériel du 17/05/2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique ;
- diligenter un contrôle technique des travaux en application de l'article R 323 - 30 du Code de l'Énergie ;
- transmettre au gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité, les informations permettant à ce dernier d'enregistrer la présence des lignes privées dans son SIG des ouvrages
- procéder aux déclarations préalables aux travaux de construction de l'ouvrage concerné, et enregistrer ce dernier sur "guichet unique [www. reserou-et-canalisation.gov.fr](http://www.reserou-et-canalisation.gov.fr)" en application des dispositions des articles L554-4 et R554-1 et suivants du Code de l'Environnement qui sont relatives entre autres à la sécurité des réseaux souterrains.

4.10.3 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 de transformation HTA/HTB dédié, qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension).

Trois postes de livraison seront installés sur le site. Ils feront l'objet d'un habillage. Deux d'entre eux (postes A, à l'est des éoliennes 1 à 4 et B, à proximité de l'éolienne 8) disposeront d'un toit double pente et d'un parement en brique, tout comme celui qui est présent en bordure de la RD 94 (cf. illustration suivante). Le poste C (au sud-est de l'éolienne 12) sera traité avec une peinture verte (RAL 6003).



Illustration 1 : poste de livraison existant au bord de la RD94



Illustration 2 : poste de livraison traité avec une couleur verte

4.10.4 Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie le poste de livraison au poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ErDF - Électricité Réseau Distribution France) ; il est entièrement enterré. Son tracé définitif n'est connu avec certitude qu'ultérieurement, lorsque toutes les autorisations administratives du projet éolien sont obtenues et que l'étude de raccordement est réalisée par ErDF.

4.10.5 Autres réseaux

Le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement.

Les implantations des éoliennes ont été adaptées en fonction des contraintes applicables sur le site (canalisation de gaz, faisceau hertzien, câble enterré d'Orange, route départementale 9).

Réseaux	Gestionnaires	croisement d'ouvrage	parallélisme d'ouvrage	observations
câblage ou canalisation de télécommunications	Orange		entre éolienne 7 et 8 puis entre éolienne 12 et Pylône de mesure sur le réseau publique	réseau interne à implanter en parallèle du réseau câble pleine terre de Orange entre les éoliennes 7 et 8 puis entre les éoliennes 12 et le pylône de mesure sur le réseau publique
eau (potables, pluviales, usées)				
transport d'électricité				
ouvrages électrique de distribution (ERDF ou ELD)				
autres ouvrages électriques				
transport de gaz	GRT GAZ	entre les éoliennes 10 et 11		des prescriptions particulières seront portées à notre connaissance par le gestionnaire et prises en considération, notamment lors de la phase chantier, mise en place du câblage.
canalisations				
Domaine public routier				
autoroute ou route nationale				
route départementale	CD60			
voie communale	CCRB		entre éolienne 7 et 8 puis entre éolienne 12 et Pylône de mesure sur le réseau publique	
autres domaines publics				
voie ferrée				
fleuve ou rivière				
mer				

Recensement des communes concernées, sur le territoire desquelles les ouvrages sont projetés :

- Rémérangles (60) ;
- Litz (60).

NB: Mis à part la conduite de gaz, croisée sur le domaine privatif, les autres points de vigilances se trouvent sur des voiries publiques.

Il est à considérer que des demandes de DICT seront réalisées par La Compagnie du Vent ou toute société mandatée pour intervenir sur le chantier, avant toute intervention sur le chantier.

Croisement ou parallélisme de réseau de télécommunication

Les règles de distance entre les réseaux enterrés et les règles de voisinage entre les réseaux et les végétaux sont régies par la norme NF P98-332.

Suite à l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique section II article 37 « canalisations électriques enterrées » : pour éviter d'endommager les câbles ou canalisations voisines lors d'interventions, une distance minimale de 0,20 mètre doit être respectée au croisement de deux canalisations électriques enterrées et au croisement d'une canalisation électrique enterrée et d'un câble de télécommunication. Au voisinage, sans croisement, d'une canalisation électrique enterrée, doit être respectée une distance de : 0,50 mètre par rapport à un câble de télécommunication enterré directement dans le sol ; 0,20 mètre par rapport à un câble de télécommunication sous fourreau.

Lorsque l'installation électrique est du domaine de tension BT ou HTA, les distances minimales entre un câble électrique et un câble ou une canalisation de télécommunications peuvent être réduites à 0,05 mètre entre génératrices extérieures, qu'il s'agisse de parcours parallèles ou de croisement.

Croisement de conduites de Gaz enterrées

Haguenets Energie via La Compagnie du Vent veillera à respecter une distance minimale de 20 cm entre la conduite de Gaz et la câble conformément à l'Arrêté du 26 avril 2002 modifiant les arrêtés du 2 avril 1991 et du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.

4.10.6 Modalités de réalisation du raccordement (art 24)

Les éoliennes sont reliées entre elles par un câble de moyenne tension 20 KV jusqu'au poste de livraison. A l'extérieur du parc une liaison moyenne 20 kV sera réalisée par EDF afin de se raccorder au poste le plus proche.

NOTA : On entend par « article 24 » l'article 24 du décret n° 2011-1697 du 1^{er} décembre 2011 relatif aux ouvrages des réseaux publics d'électricité et des autres réseaux d'électricité et au dispositif de surveillance et de contrôle des ondes électromagnétiques.

Conformément à l'article 5 du décret n° 2011-1697 du 1^{er} décembre 2011 relatif aux ouvrages des réseaux publics d'électricité et des autres réseaux d'électricité et au dispositif de surveillance et de contrôle des ondes électromagnétiques, le dossier de demande d'approbation des lignes électriques internes comprend :

« – une note de présentation décrivant les caractéristiques principales du projet ;– une carte à une échelle appropriée sur laquelle figure le tracé de détail des canalisations électriques et l'emplacement des autres ouvrages électriques projetés ;– tous documents aptes à justifier la conformité du projet avec la réglementation technique en vigueur. »

La note de présentation décrivant les caractéristiques principales du projet figure dans la lettre de demande d'autorisation unique (Sous-dossier n° 3 de la demande d'autorisation unique).

La carte à l'échelle appropriée figure en page 50 de la présente étude de danger (carte 10) et sur le plan masse du chantier (Cf. cartes du Sous-dossier n° 7 de la demande d'autorisation unique).

Les documents aptes à justifier la conformité du projet avec la réglementation technique en vigueur figurent dans le présent paragraphe.

4.10.6.1 Travaux de tranchée de liaison interne au parc

Les travaux de tranchée pour la liaison interne au parc éolien seront réalisés en suivant la succession des étapes suivantes :

- Réalisation de tranchée à la trancheuse sous terrain privée, de largeur 0,45m, et de profondeur 1,10m :
 - Décapage de la terre végétale, ouverture, fourniture et pose de grillage avertisseur et remblaiement avec des matériaux extraits (intégrant la pose de ligne HTA protégée par un geotextile, de la fibre optique sous un fourreau PEHD de diamètre 40 extérieur, fourniture et pose d'une câblette de terre 50 mm² cuivre.
 - La couverture minimale au-dessus des câbles sera de 0,9 m d'épaisseur.
- Réalisation de tranchée à la tranchée sous accotement non revêtu, de largeur 0,3 m et de profondeur 0,9 m :
 - Décapage de la terre végétale, ouverture, fourniture et pose de grillage avertisseur et remblaiement avec les matériaux extraits (intégrant la pose de la ligne HTA, protégée par un geotextile, de la Fibre optique sous un fourreau PEHD de diamètre 40 extérieur, fourniture et pose d'une câblette de terre 50 mm² cuivre.
 - La couverture minimale au-dessus des câbles sera de 0,90 m : d'épaisseur.
- La pose des câbles se fera après l'exécution des pistes d'accès et des fondations. Les câbles seront laissés en attente à 40 m de l'axe de l'éolienne dans une fosse de 5 m x 5 m balisée par un grillage de 1 m de haut. Un lit de sable sera posé sur les câbles pour les protéger lors des travaux de voirie et de réalisation des fondations.

Un bornage du tracé sera du câble sera réalisé après l'exécution des travaux.

En plein champ, la couche de terre végétale sera préalablement décapée sur une bande de 3 m avant l'exécution de la tranchée.

Les dégâts occasionnés aux cultures seront indemnisés suivant les barèmes en vigueur (Chambre d'agriculture).

Le cahier des charges préconise des profondeurs d'enfouissement suivantes sur les réseaux HTA et Telecom :

- Sous-chaussée : 0,8 m (au maximum) ;
- En plein champ : 1 m (généralement).

Dans tous les cas, l'entreprise réalisant les travaux devra obligatoirement réaliser une Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT) à tous les concessionnaires présents sur les communes (Mairies, ErDF, GrDF, ...). Des fouilles seront réalisées à la pelle mécanique pour repérer les ouvrages existants avant le passage de la trancheuse.

Conformément à l'arrêté technique de 2001, les entreprises respecteront les conditions d'éloignement de l'ouvrage projeté par rapport aux réseaux rencontrés ou découverts au cours du chantier :

- Ouvrages recensés au travers des déclarations de travaux ;
- Ouvrages potentiellement présents mais n'ayant pas répondu aux demandes de renseignement ;
- Ouvrages qui seraient découverts pendant la phase travaux.

4.10.6.2 La ligne de 20 000 V du réseau du parc

Pour connecter chaque éolienne à son poste de livraison respectif, une ligne HTA intérieure dans le parc de 20 kV sera installée de manière à connecter en série les aérogénérateurs selon la disposition des différents schémas unifilaires.

Les câbles HTA seront conformes à la norme NF C33-226. Ils seront implantés suivant le tracé présenté dans les plans d'exécution.

L'arrivée des câbles au poste de livraison sera grâce à des extrémités de type EUIC de marque NEXANS ou équivalent pour l'installation intérieure, adéquate aux tronçons de câble.

Pour l'arrivée des câbles dans les éoliennes, la connexion se fera par des têtes K430TB de marque NEXANS ou équivalent.

Les câbles seront connectés aux cellules de sortie de 20 000 V prévues à cet effet.

Le tableau suivant présente et différencie par commune les voies publiques empruntées et les domaines privés empruntés.

4.10.6.3 Les caractéristiques des câbles concernés



Contact
 Nexans France
 Téléphone: 33 4 74 32 16 00
 contact.fr@nexans.com

NF C 33-226 12/20 (24) kV

C 33-226 12/20 (24) kV 3x150 C2 RT enterrabilité dir. renf.

Code article Nexans: 10140085

Référence pays: 01272024

EAN 13: 3427660030807

Câble MT aluminium type NF C33-226

Description

Utilisation

Le câble NF C 33-226 est destiné à la distribution publique moyenne tension HTA 12/20 kV.

Il est classé AD8 au sens de la norme NF C 13-200 (eau douce < 0.2 bar)

La gaine extérieure du câble est résistante aux termites.

Description

Il peut être constitué de 3 conducteurs de phase assemblés en torsade.

L'écran aluminium est prévu pour écouler à la terre les courants de court-circuit du réseau EDF, à savoir 1000 A pendant 1 seconde pour les réseaux souterrains.

Variantes

Nous sommes en mesure de fournir sur demande des câbles type NF C 33-226 avec les variantes suivantes :

- Ame cuivre
- Tension différente
- Section différente
- Conducteur de terre
- Ecran aluminium d'épaisseur renforcée
- Câble non propagateur de la flamme (NF C 32-070 C2)
- Torsade
- Protection polyéthylène pour **Enterrabilité Directe Renforcée (EDR)** en torsade.



Normes

Nationales NF C 33-226

							
Flexibilité de l'âme Câblée classe 2	Tension de service nominale Uo/U (Um) 12 / 20 (24) kV	Flexibilité du câble Rigide	Résistance mécanique aux chocs Très bonne	Temp. installation, plage -10 .. 50 °C	Non propagateur de la flamme C2, NF C 32-070	Résistance aux intempéries Très bonne	Rayon courbure min. utilisation statique 800 mm
Généré le 31/01/12 Créé pour Claire MANGINOT - http://www.nexans.fr							Page 1 / 3
Toutes les informations et les caractéristiques dimensionnelles et électriques affichées sur les documents commerciaux et les fiches techniques de Nexans ne sont données qu'à titre indicatif et ne sont pas contractuelles. Elles sont donc susceptibles de modification sans préavis.							


Contact

Nexans France
Téléphone: 33 4 74 32 16 00
contact.fr@nexans.com

NF C 33-226 12/20 (24) kV

C 33-226 12/20 (24) kV 3x150 C2 RT enterrabilité dir. renf.

Code article Nexans: 10140085

Caractéristiques
Caractéristiques de construction

Nature de l'âme	Aluminium
Flexibilité de l'âme	Câblée classe 2
Forme de l'âme	Câblée circulaire
Matière du semi-conducteur intérieur	Semi-conducteur extrudé
Isolation	XLPE (chemical)
Matière du semi-conducteur extérieur	Elastomère extrudé cannelé pelable
Matière constituant l'étanchéité longitudinale	Poudre gonflante
Ecran	Ruban aluminium longitudinal collé à la gaine extérieure
Gaine extérieure	PE
Couleur de la gaine	Gris
Protection	Surgaine PE

Caractéristiques dimensionnelles

Section du conducteur	150 mm ²
Nombre de conducteurs	3
Nombre de fils par toron	19
Diamètre du conducteur (mm)	14,0 mm
Diamètre sur isolation	24,2 mm
Diamètre maximal sur isolation	26,0 mm
Épaisseur moyenne de l'isolant (mm)	4,5 mm
Épaisseur de l'écran	0,15 µm
Épaisseur de la gaine	2,5 mm
Diamètre externe nominal (mm)	77,9 mm
Diamètre approximatif de la torsade	77,0 mm
Masse approximative	4023 kg/km

Caractéristiques électriques

Tension de service nominale U ₀ /U (Um)	12 / 20 (24) kV
Résistance inductive à 50 Hz	0,11 Ohm/km
Résistance ohmique max. du conducteur à 20°C	0,206 Ohm/km
Résistance de l'âme en courant alternatif à 90°C - pose à plat	0,265 Ohm/km
Chute de tension en tri-phasé	0,29 V/A.km
Capacité approx. des conducteurs de phase	0,3 µF / km
Inductance nominale	0,35 mH/km

Caractéristiques mécaniques

Flexibilité du câble	Rigide
Résistance mécanique aux chocs	Très bonne

Caractéristiques d'utilisation

Température ambiante lors de l'installation, plage	-10 .. 50 °C
Non propagateur de la flamme	C2, NF C 32-070
Résistance aux intempéries	Très bonne
Anti-termite	Oui
Rayon de courbure minimum en utilisation statique	800 mm



Contact
Nexans France
Téléphone: 33 4 74 32 16 00
contact.fr@nexans.com

NF C 33-226 12/20 (24) kV
C 33-226 12/20 (24) kV 3x150 C2 RT enterrabilité dir. renf.

Information de livraison

Marquage

NEXANS - n° usine - BGN7 NF C 33-226 FR-N20XA8E-AR - section - Al - 12/20 (24) kV - année - mois - type de notice d'installation - G épaisseur de gaine - Sc épaisseur du semi-conducteur - EC épaisseur de l'écran - C2 RT température d'installation

Repérage des phases : 1, 2, 3 marqué en hélice.

La torsade porte un repérage métrique sur la gaine d'une phase, ainsi qu'un repère de traçabilité.



Draka

Draka Energy & Infrastructure | Europe
Draka Paricable SAS

- MOYENNE TENSION - 12 / 20 (24) kV
- CABLES DE DISTRIBUTION A CHAMP RADIAL A GRADIENT FIXE NF C 33-226

1/2

Domaines d'application

Réseaux de distribution - version souterraine et aérienne.

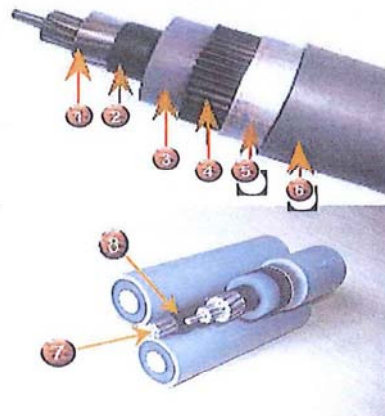
Norme applicable

Norme fonctionnelle NF C 33-226

Dénomination : Série souterraine FR-N(20)XA8E-AR
Série aérienne FR-N(20)XA8E D7-AR

Éléments constitutifs de base

- 1) Ame aluminium ronde câblée rétreinte, classe 2
- 2) Ecran semi-conducteur extrudé
- 3) Isolation Polyéthylène Réticulé :
- 50, 95, 300 et 630 : épaisseur nominale 5,50 mm
- 150 et 240 : épaisseur nominale 4,50mm
- 4) Ecran semi-conducteur extrudé pelable cannelé longitudinalement.
Les cannelures reçoivent une poudre d'étanchéité
- 5) Ecran métallique Aluminium : épaisseur 200µm
Contre collé à la gaine PE à recouvrement étanche
- 6) Gaine PE extérieure grise
avec marquage et repérage des phases 1,2,3
- 7) Ame câblée acier galvanisé du porteur 50 mm² (version aérienne)
- 8) Gaine PVC ou Polyéthylène Réticulé noire (version aérienne)



Caractéristiques générales

Conducteur de phase :

Les livraisons peuvent se faire avec :

- Version souterraine : un câble unipolaire (MONOPHASE).
- Version souterraine : trois câbles unipolaires, torsadés (TRIPHASE).
- Version aérienne, aéro-souterraine, en galerie : trois câbles unipolaires, torsadés autour d'un porteur acier (TRIPHASE).

Exemple de marquage des phases :

Pour section 50, 95 et 150 mm² :

DRAKA 417 NF C 33-226 SECTIONmm² AL 12/20 (24)kV POPY G 2,2 EC:0,2 SC 1,0 C2 T -10/50 RT jj mm aaaa

Pour section 240, 300 et 630 mm² :

DRAKA 417 NF C 33-226 SECTIONmm² AL 12/20 (24)kV POPY G 2,4 EC:0,2 SC 1,0 C2 T -10/50 RT jj mm aaaa

Marquage métrique et traçabilité sur câbles mono et assemblés :

Exemple <<< 00000 >>> JJJ AA HH MM (Julien - année - heure - minute)

Tenue au feu : non propagateur de la flamme selon NF EN 50265-2-1 (NF C 32-070 – Essai n°1 - catégorie C2).

Résistant aux termites (RT).

Pour en savoir plus, contactez-nous au Tél : 02.32.77.43.21, Fax : 02.32.77.20.99, ou par email : draka-paricable@draka.com
Les informations sont communiquées à titre indicatif. Draka se réservant le droit de modifier les caractéristiques du produit sans préavis.
Le présent document est propriété de Draka, toute reproduction est interdite sans une autorisation écrite.



Draka

Draka Energy & Infrastructure | Europe
Draka Paricable SAS

- MOYENNE TENSION - 12 / 20 (24) kV
- CABLES DE DISTRIBUTION A CHAMP RADIAL A GRADIENT FIXE NF C 33-226

2/2

Modèles Disponibles

Composition Section Nominale	Code Draka	Codet EDF	Ø de l'âme (approx)	Ø maximal sur isolant	Ø extérieur (approx)	Masse (approx)	Rayon de courbure minimal	
			mm	mm	mm		Kg / km	Déroulage mécanisé

Version souterraine MONOPHASE

1 x 50	AC 0105009	61 35 711	8,0	21,9	28,5	700	74,1	37,05
1 x 95	AC 0109509	-	11,2	25,4	31,6	920	82,16	41,08
1 x 150	AC 0115009	61 35 715	13,9	26,4	32,4	1 037	84,24	42,12
1 x 240	AC 0124009	61 35 717	18,0	30,5	36,6	1 412	95,16	47,58
1 x 300	AC 0130005	-	20,3	35	40,8	1 756	106,08	53,04
1 x 630	AC 0163006	61 35 719	30,5	45,5	51,1	3 055	132,86	66,43

Version souterraine TRIPHASE

3 x 50	AC 0305013	-	8,0	21,9	61,5	2 128	98,4	61,5
3 x 95	AC 0309513	61 35 733	11,2	25,4	68,3	2 796	109,28	68,3
3x150	AC 0315013	61 35 735	13,9	26,4	69,9	3 152	111,84	69,9
3x240	AC 0324014	61 35 737	18,0	30,5	79,0	4 296	126,4	79

Version aérienne TRIPHASE

3x50+50	AC 0305011	-	8,0	21,9	67,0	2 580	107,2	67
3x95+50	AC 0309511	-	11,2	25,4	75,0	3 248	120	75
3x150+50	AC 0315014	-	13,9	26,4	77,3	3 604	123,68	77,3

Composition Section Nominale	Résistance linéique maximale		Réactance à 50Hz	Capacité linéique	Intensité Admissible en régime permanent*		Chute de tension Cos 0,8
	à 20°C	à 90°C			A l'air libre (30°C)	Enterré (20°C)	
mm ²	(Ω / km)	(Ω / km)	(Ω / km)	µF / km	A	A	V/A/km
1 x 50	0,641	0,822	0,14	0,17	190	180	1,29
1 x 95	0,320	0,411	0,12	0,21	290	260	0,7
1 x 150	0,206	0,265	0,11	0,28	374	335	0,49
1 x 240	0,125	0,161	0,10	0,33	510	440	0,34
1 x 300	0,100	0,130	0,10	0,31	580	500	0,29
1 x 630	0,047	0,064	0,09	0,46	930	736	0,19

*Intensités établies pour une liaison de 3 impolaires disposés en trièfle :
Enterré dans un sol à 20°C, de résistivité thermique 1Km/W, à une profondeur de 0,80 m.
A l'air libre à 30°C, à l'abri du soleil, sur chemin de câble, tablettes...

Pour en savoir plus, contactez-nous au Tél : 02.32.77.43.21, Fax : 02.32.77.20.99, ou par email : draka-paricable@draka.com
Les informations sont communiquées à titre indicatif, Draka se réservant le droit de modifier les caractéristiques du produit sans préavis.
Le présent document est propriété de Draka, toute reproduction est interdite sans une autorisation écrite.

Fiche N° 5 Décembre 2008

4.11 Dispositions constructives

L'arrêté du 26 Août 2011 fixe les dispositions constructives à respecter par l'exploitant qui permettent de diminuer les risques de dysfonctionnement des éoliennes (articles 7 à 11). Ces dispositions sont les suivantes :

- **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.
- **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.

- **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.

- **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 aux dites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.
- **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.

Le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud respectera ces dispositions.

4.11.1 Sécurité de l'installation

Conformément aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation, le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud respectera les dispositions qui suivent :

- **Concernant le risque incendie (articles 16, 23 et 24 de l'Arrêté du 26 Août 2011) :**
 - « L'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit. »
 - « 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 survitesses 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.

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. »

▪ **Concernant le risque de projection de glace** (article 25 de l'Arrêté du 26 Août 2011) :

« 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 ... »

▪ **Concernant le risque de foudre** (article 9 de l'Arrêté du 26 Août 2011) :

« Les aérogénérateurs doivent respecter les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant doit tenir 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 doivent inclure un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre. »

Il est également à souligner que les éoliennes Vestas V110 :

- respectent la directive 2004/108/ECX du 15 décembre 2004, visant à répondre aux réglementations concernant les ondes électromagnétiques ;
- sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air. Le traitement anti-corrosion des éoliennes répond à la norme ISO 12 944.

	Partie extérieure	Partie intérieure
Nacelle Vestas	C5	Minimum C3
Moyeu	C5	C3
Tour	C5-1	C3

La description des différents systèmes de sécurité de l'installation sera présentée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la partie 7 de la présente étude de dangers.

4.11.2 Opérations de maintenance de l'installation

Une maintenance prédictive et préventive des éoliennes pourra être mise en place. Celle-ci porte essentiellement sur l'analyse des huiles, l'analyse vibratoire des machines tournantes et l'analyse électrique des éoliennes.

La maintenance préventive des éoliennes a pour but de réduire les coûts d'interventions et d'immobilisation des éoliennes. En effet, grâce à la maintenance préventive, les arrêts de maintenance sont programmés et optimisés afin d'intervenir sur les pièces d'usure avant que n'intervienne une panne. Les arrêts de production d'énergie éolienne sont anticipés pour réduire leur durée et leurs coûts.

L'Arrêté du 26 Août 2011 indique que « 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 (Art. 17).

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 (Art. 18).

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 » (Art. 19).

Les maintenances préventives sont différentes pour chaque type d'éolienne et constructeur. Mais généralement les opérations de maintenance préventives se déroulent après le premier trimestre suivant la mise en service du parc éolien. D'autres opérations ont lieu six mois après, puis un an après. A noter que le constructeur remet un manuel d'utilisation à la livraison des éoliennes et que celui-ci contient une partie « entretien ».

L'entretien annuel est en règle générale beaucoup plus poussé que l'entretien semestriel.

Ces entretiens périodiques consistent, en résumé, en des opérations de :

- Lubrifications (pales, axe lent, génératrice, réducteurs d'orientation, etc.) ;
- Vérification visuelle des pales ;
- Vérification des boulons (des pales et de la tour), visuelle ou par échantillonnage ;
- Test du groupe hydraulique ;
- Inspection du multiplicateur, de la génératrice, du transformateur, des systèmes de freins, ... ;
- Tests de fonctionnement via l'automate (survitesse, etc.).

Remarque : L'ensemble des opérations est consigné dans une check list, un document d'une trentaine de pages. La liste énumérative précédente n'est donc qu'un résumé.

A ces entretiens s'ajoutent des entretiens de pales et les contrôles réglementaires (lignes de vie, rail, treuil de levage, monte-personne, etc.).

L'inspection et l'entretien du matériel sont effectués par des opérateurs Vestas, formés pour ces interventions.

4.11.2.1 Liste des opérations à réaliser

La liste des opérations à effectuer sur les diverses machines ainsi que leur périodicité est définie par des procédures. Les principaux contrôles effectués sont présentés ci-après.

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 Inspection visuelle des pales, de l'extérieur et de l'intérieur Vérification des boulons de chaque pale* Vérification des bandes paratonnerres
Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification des boulons et de l'absence d'impacts de foudre.
Arbre principal	Vérification des boulons fixant l'arbre principal et le moyeu* Inspection visuelle des joints d'étanchéité 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 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
Bras de couple	Vérification boulons
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	Vérification du niveau d'huile Vérification du niveau sonore lors du fonctionnement du multiplicateur Vérification des joints, de l'absence de fuite, etc...
Générateur	Vérification des câbles électriques dans le générateur Vérification des boulons
Système de refroidissement par eau	Vérification du fonctionnement des pompes à eau Vérifications des tubes et des tuyaux

Inspection après 3 mois de fonctionnement

Composants	Opérations
Vestas Cooler Top™	Vérification boulons Inspection visuelle de la surface Vérification des ailettes et nettoyage si nécessaire Vérification du niveau de liquide de refroidissement
Système hydraulique	Vérification d'absence de fuites dans la nacelle, l'arbre principal et le moyeu
Onduleur	vérification du fonctionnement de l'onduleur.
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 du transformateur
Sécurité générale	Inspection des câbles électriques Vérification du système antichute Test du système de freinage Test du capteur de vibrations Test des boutons d'arrêt d'urgence**

*Ces vérifications 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 tests sont ensuite effectués tous les ans, conformément à l'arrêté du 26 août 2011.

Ces opérations de maintenance courante seront répétées régulièrement selon le calendrier de maintenance. Les principales opérations de maintenance supplémentaires sont présentées ci-après.

	Composants	Opérations	6 mois	1 an
Inspection après 6 mois et 1 an	Moyeu	Vérification de l'état de la fibre de verre Vérification des boulons Vérification des blocs parafoudre		X X X
	Pales	Vérification des tubes de graissage et du bloc de distribution de graisse Vérification du système de lubrification Remplacement des bidons collecteurs de graisse usagée Vérification des bandes anti-foudre		X X X X
	Arbre principal	Vérification du niveau sonore et vibratoire Vérification, lubrification des roulements principaux tous les 5 ans Lubrification des boulons de blocage du rotor	X X X	X X X
	Générateur	Vérification du bruit des roulements Lubrification des roulements	X X	X X
	Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	Vérification du bon fonctionnement du système d'inclinaison des pales Vérification des boulons tous les 3 ans Vérification des pistons des vérins hydrauliques		X X X
	Bras de couple	Vérification des boulons entre le bras de couple et le bâti tous les 4 ans		
	Multiplicateur	Vérification de l'absence de débris métalliques Vérification et remplacement (si nécessaire) des filtres à air Remplacement des filtres à air Inspection du multiplicateur Changement de l'huile Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse Remplacement des tuyaux tous les 7 ans	X X X X X X	X X X X X
	Système de refroidissement par eau	Remplacement du liquide de refroidissement tous les 5 ans		
	Système hydraulique	Changement d'huile selon les rapports d'analyse tous les 4 ans 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) Vérification de la pression dans le système de freinage Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse		X X
	Vestas Cooler Top™	Inspection visuelle du Vestas Cooler Top™ et des systèmes parafoudres	X	X

Composants	Opérations	6 mois	1 an
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		X X
Capteur de vent	Inspection visuelle du capteur de vitesse de vent		X
Système de détection d'arc électrique	Test du capteur de détection d'arc électrique du jeu de barres et dans la salle du transformateur		X
Tour	Vérification des filtres de ventilation Maintenance de l'élèveur de personnes		X X
Armoire de contrôle en pied de tour	Test des batteries des processeurs et remplacement si nécessaire Remplacement des batteries de secours tous les 5 ans Remplacement des filtres à air	X	X
Sécurité générale	Test d'arrêt en cas de survitesse Vérification des équipements de sécurité Vérification de la date d'inspection des extincteurs Inspection du système de freinage	X	X X X

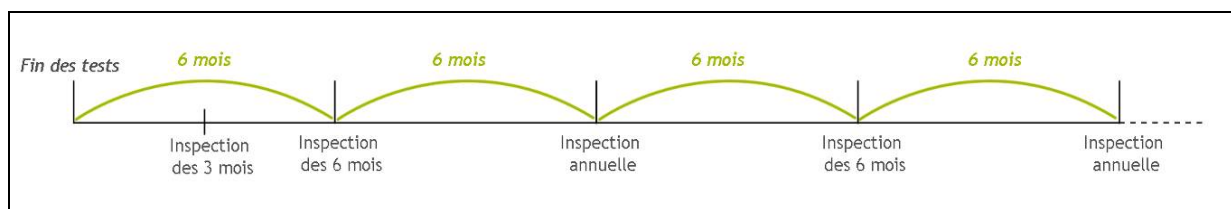


Figure 9 : calendrier de maintenance

4.11.2.2 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.

4.11.2.3 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, ...). Ces opérations sont faites à la demande, dès détection du dysfonctionnement, de façon à rendre l'équipement à nouveau opérationnel.

4.11.2.4 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 ;
- L'amélioration des systèmes de protection des personnes.

4.11.3 Stockage et flux de produits dangereux

L'ensemble des déchets générés par la maintenance des éoliennes fait l'objet d'une collecte, d'un tri et d'un retraitement dans un centre agréé. Une procédure en vigueur chez l'exploitant établit les conditions de gestion des déchets et permet la traçabilité de ce process. En général, le contrat d'entretien du parc régit les conditions de sous-traitance de cette activité à l'entreprise réalisant la maintenance des éoliennes.

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

5 Identification des potentiels de dangers de l'installation



5.1 Potentiel de dangers liés aux produits	75
5.1.1 Inventaire des produits	76
5.1.2 Dangers des produits.....	76
5.2 Potentiel de dangers liés aux équipements et aux opérations	77
5.3 Réduction des potentiels de danger à la source	78
5.3.1 Principales actions préventives	78
5.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles	78

Le potentiel de dangers est défini comme étant « un 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 »³.

Le potentiel de dangers est une « source de danger », un « élément dangereux », un «élément porteur de danger ». La libération de tout ou partie de ce potentiel constitue un « phénomène dangereux » ; le même glossaire indique en effet que « la libération d'énergie ou de substance produisant des effets [...] susceptibles d'infliger un dommage à des cibles vivantes ou matérielles sans préjuger l'existence de ces dernières » est un phénomène dangereux. Le phénomène dangereux est « une source potentielle de dommage, [...] une libération de tout ou partie d'un potentiel de danger ».

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

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

5.1 Potentiel de dangers liés aux produits

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de sous-produits : ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement. En revanche, elle génère des déchets d'exploitation (pièces usagées, huiles de vidange, lubrification, etc.).

Le bon fonctionnement des éoliennes impose cependant la présence d'huiles de lubrifications dans les machines et l'utilisation d'autres produits chimiques lors de la maintenance.

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

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

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

³ Circulaire du 10/05/10 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

5.1.1 Inventaire des produits

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

- L'huile hydraulique (circuit haute pression) dont la quantité présente est de l'ordre de 260 litres. Le modèle d'huile utilisée est Texaco Rando WM 32 ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur (environ 300 à 400 litres). Il s'agit de l'huile Mobil Gear SHCXMP 320 ;
- L'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement, dont le volume total de la boucle est de 120 litres) ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entrainements ;
- L'hexafluorure de soufre (SF6), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique. La quantité présente varie entre 1,5 kg et 2,15 kg suivant le nombre de caissons composant la cellule.
- D'autres produits peuvent être utilisés lors des phases de maintenance (lubrifiants, décapants, produits de nettoyage), mais toujours en faibles quantités (quelques litres au plus).

5.1.2 Dangers des produits

✖ Inflammabilité et comportement vis à vis de l'incendie

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

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

Le SF6 est pour sa part ininflammable.

✖ Toxicité pour l'homme

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

✖ Dangerosité pour l'environnement

Vis-à-vis de l'environnement, le SF6 possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont très limitées (seulement 1 à 2 kg de gaz dans les cellules de protection).

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

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

En raison des faibles quantités présentes dans chacune des 12 éoliennes de Chemin des Hagenets Est&Sud, ces produits ne sont pas retenus comme source potentielle de dangers.

5.2 Potentiel de dangers liés aux équipements et aux opérations

Le fonctionnement du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud peut être synthétisé à travers les opérations suivantes :

- production d'électricité ;
- transformation d'électricité ;
- transport d'électricité.

Les potentiels de dangers identifiés dans cette partie vont correspondre à des sources de dangers liées au dysfonctionnement des équipements, ou des éléments, de l'éolienne lors des opérations mises en œuvre.

Concrètement, des **risques de perte de tout ou partie d'une pale** peuvent exister. Ceux-ci sont occasionnés soit par une faiblesse de la structure de la pale ou de sa fixation au moyeu, soit par une mise en survitesse de la machine. La survitesse, causée par une défaillance du système de sécurité par vent violent, peut amener rapidement des contraintes inacceptables au sein des pales et de leur fixation au moyeu. Les accidents de pales peuvent être limités à l'éjection d'un morceau de pale. Mais, du fait des contraintes et vibrations violentes qui en résultent, l'ensemble des pales et la nacelle peut se trouver déséquilibré et entraîner **l'effondrement de l'éolienne**. Un mauvais dimensionnement (ou une mauvaise mise en œuvre) des fondations peut également être à l'origine de l'effondrement de la machine comme le prouve l'accidentologie.

On notera également des risques **d'incendie de la nacelle** qui peut être provoqué par l'échauffement des parties mécaniques, par suite d'une défaillance des systèmes de lubrification ou de refroidissement, ou encore en raison d'une "survitesse" du rotor engendrant une vitesse de rotation inacceptable pour la génératrice ou le multiplicateur.

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud sont de cinq types :

- Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
- Projection d'éléments (morceau de pale, brides de fixation, etc.) ;
- Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- Echauffement de pièces mécaniques ;
- courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Les potentiels de dangers, liés aux équipements et aux opérations du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud, sont listés dans le tableau suivant :

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

Tableau 21 : potentiels de dangers retenus pour le projet éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud

5.3 Réduction des potentiels de danger à la source

5.3.1 Principales actions préventives

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

Le choix de l'implantation des 12 éoliennes de Chemin des Haguenets Est&Sud réside en la prise en compte des contraintes techniques (radioélectriques, conduite de gaz, RD 9, RD 94, ...), des contraintes réglementaires (respect d'un éloignement minimum de 500 mètres des zones d'habitations exigées par l'arrêté ICPE en date du 26 août 2011 (article 3) et des contraintes environnementales (cf. étude d'impact sur la santé et l'environnement).

A l'ensemble de ces enjeux se sont ajoutés les enjeux environnementaux (naturalistes et paysagers) pour lesquels les experts ont émis un certain nombre de recommandations.

La Compagnie du Vent par sa filiale Haguenets Energie a opté pour des éoliennes certifiées.

Un recul supérieur à la hauteur totale d'une éolienne a été respecté par rapport aux axes routiers les plus fréquentés (RD 9 et RD 94). Cette distance permet de réduire les risques liés à la chute d'une éolienne.

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



6.1	Eléments d'accidentologie interne	81
6.2	Accidentologie externe	82
6.3	Analyse détaillée des incidents et accidents survenus en France	99
6.4	Autres accidents et incidents dans le monde	100
6.5	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expériences	102
6.5.1	Analyse de l'évolution des accidents en France.....	102
6.5.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	103
6.6	Limites de l'étude d'accidentologie	103

Dans ce chapitre nous nous attacherons à analyser à la fois l'accidentologie interne, recensant les accidents et les incidents survenus sur les éoliennes exploitées par La Compagnie du Vent ou toute filiale telle que Haguenets Energie, et l'accidentologie externe, recensant les accidents et incidents répertoriés dans le cadre d'activités ou d'équipements similaires.

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

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

6.1 Eléments d'accidentologie interne

Pionnier français de l'énergie éolienne (première éolienne raccordée au réseau électrique installée en 1991), La Compagnie du Vent, groupe Engie, possède et exploite, en France, un ensemble de 34 parcs éoliens pour une puissance totale installée de 380 MW, à la fin 2015. Elle a également construit plus de 60 mégawatts pour des tiers au Maroc.

La Compagnie du Vent a exploité, de 1991 à fin 2015, 244 éoliennes en France.

Les incidents et accidents recensés par la Compagnie du Vent sur ces parcs éoliens sont au nombre de 6 et sont présentés ci-dessous :

- * Survitasse et effondrement d'une éolienne à Port-la-Nouvelle en 1999 : une coupure de courant prolongée -durant 4 jours- due aux effets de la tempête de 1999 a entraîné une utilisation excessive des batteries de l'éolienne permettant de maintenir l'éolienne en drapeau et le système de frein à disque en pression. Les batteries ont fini par se vider et le système de freinage s'est relâché entraînant ainsi une survitesse de la machine et un effondrement de la machine. Les dommages ont été uniquement matériels. Sur les éoliennes actuelles l'autonomie du système de freinage est désormais beaucoup plus longue et il fonctionne différemment : s'il n'y a plus d'alimentation électrique un système « passif » bloque la rotation du rotor ;
- * Chute d'une éolienne à Névia en décembre 2002 : en phase de mise en service, une éolienne s'est couchée du fait d'un problème de montage de la part du fournisseur. Les dommages ont été uniquement matériels ;
- * Incendie de deux éoliennes à Roquetaillade en 2007 : un incendie a démarré au niveau de deux éoliennes suite à un acte de malveillance, des bouteilles de gaz et du fioul agricole ont été retrouvés à l'intérieur de chacune après fracturations des portes d'entrée. Les dommages ont été uniquement matériels ;
- * Incendie d'une éolienne à Sigean en août 2007 : un incendie a démarré en phase de maintenance lors du test du système de freinage par disque. Les disques s'échauffent du fait d'un manque d'huile hydraulique. Les techniciens ont arrêté rapidement l'incendie ;
- * Incendie d'une éolienne à Froidfond sur le site de l'Espinassière en 2009 : un incendie s'est déclenché suite à un court-circuit du transformateur. Cet incendie n'a pas entraîné de dégâts pour les riverains et l'environnement ;
- * Effondrement d'une éolienne à Port-la-Nouvelle en mai 2010 : emballement et effondrement pendant le remplacement d'une boîte de vitesse. Cette éolienne datant de la fin des années 80 (V25) n'avait pas de système de mise en sécurité, aujourd'hui toutes les éoliennes en sont équipées.
- * Bris d'un morceau de pale de l'éolienne 7 du parc de Sigean, le 11/04/2012. Suite à un défaut apparu le matin, des techniciens sont intervenus pour redémarrer l'éolienne. Quelques minutes après l'intervention, un défaut de vibration s'est activé et le technicien a retrouvé un morceau de pale d'environ 15 m à une distance 20 m de la tour, et a constaté un impact sur la tour. Cette intervention a nécessité le remplacement du rotor et du tronçon de tour endommagé.

- ✘ Incendie de l'éolienne 1 du parc de Sigean, le 05/11/2012. L'incendie a débuté au niveau de l'armoire de contrôle, puis s'est propagé à la nacelle par conduction et par un effet cheminée (aspiration de l'air depuis le pied de l'éolienne vers la nacelle). Cet incendie serait dû à l'explosion de condensateurs dans l'armoire de contrôle.
- ✘ Détachement de la pale de l'éolienne 20 du parc de Roquetaillade, le 07/03/2013. Une des pales de l'éolienne est tombée à l'aplomb de la tour. Cette chute a été causée par la rupture des vis de fixation. Afin de remédier au problème, le constructeur a remplacé l'ensemble des rondelles traditionnelles par des rondelles chanfreinées.
- ✘ Détachement de la pale de l'éolienne 6 du parc de Sigean, le 20/01/2014. La chute de cette pale est liée à un défaut de la pièce de transition entre la pale et le moyeu. Le rotor a été remplacé et un contrôle des éoliennes ayant le même type de fixation a été réalisé.
- ✘ Détachement de la pale de l'éolienne 18 du parc de Roquetaillade, le 05/04/2015. Une des pales de l'éolienne est tombée à proximité de la tour. Cette chute a été causée par la rupture des vis liant la pale au moyeu. Afin de remédier au problème, le constructeur a remplacé l'ensemble des vis des éoliennes du même type, et suit périodiquement l'évolution des serrages de chacune d'entre elles.

6.2 Accidentologie externe

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation de la trame type de l'étude de dangers des installations éoliennes. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et 2015. L'analyse des données est présentée par la suite.

Ce tableau est donc issu de l'étude de dangers type proposée par l'INERIS, dans le cadre des études liées au projet de parcs éoliens. Toutefois il a été complété et mis à jour en fonction des éléments lus dans la presse et publiés par le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles (BARPI). Au sein de la Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère du développement durable, le BARPI est chargé de rassembler et de diffuser les informations et le retour d'expérience en matière d'accidents technologiques. Une équipe d'ingénieurs et de techniciens assure à cette fin le recueil, l'analyse, la mise en forme des données et enseignements tirés, ainsi que leur enregistrement dans la base A.R.I.A. (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents). La base de données ARIA recense les incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement.

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
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 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
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
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)

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
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 100m.	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 kms.	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 et 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)
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Rupture de pale	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	?	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20m 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

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4m et éjection à plus de 200m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED
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
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)
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

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
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 d'un convertisseur	Base de données ARIA
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
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	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)
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

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE
Manutention	15/02/2011	Grand Couronne	Seine Maritime	-	-	Oui	Lors du levage d'éléments d'éoliennes, 1 docker intermédiaire est tué, écrasé entre 2 pylônes. La police effectue une enquête. Un magistrat se rend sur place.		Base de données du BARPI
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)
Rupture de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loire	2 MW	2008	Oui	Détachement d'une pale de 46 mètres		Article de presse (AFP 22/05/2012)

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Projection de pale et fragments de pale	04/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	450 kW	2001	non	6 éoliennes d'un parc se mettent en arrêt de sécurité. Sur l'une d'elles, une pale se disloque, percute le mât puis une seconde pale. Des débris sont projetés à 160° jusqu'à 380 m sur 4,3 ha.	Selon l'exploitant, les violentes rafales instantanées (150 km/h) enregistrées le 3/01 ont pu endommager la pale en générant des efforts excédant les valeurs admissibles. Les fortes contraintes mécaniques lors de l'arrêt brutal de la rotation auraient alors déclenché sa dislocation. L'intrados de la pale se serait séparé de l'extrados avant de percuter le mât puis l'autre pale.	Base de données du BARPI
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Somme	2,5 MW	2007	Oui	Au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains)		Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Projection de fragments de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	0,2 MW	1991	Non	Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m.		Base de données du BARPI
Effondrement	30/05/2012	Port la Nouvelle	Aude	0,2 MW	1991	Non	Un promeneur signale à 7h30 la chute d'une éolienne. Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut.		Base de données du BARPI
Chute d'éléments	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5 MW	2011	Oui	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc		Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Incendie puis chute de pale	05/11/2012	Sigean	Aude	660 kW	2000	Non	Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein du parc éolien. Des projections incandescentes enflamment 80 m ² de garrigue environnante. Les pompiers éteignent l'incendie vers 21h30. L'exploitant met en place un balisage de sécurité à l'aube le lendemain. A la suite de la chute d'une pale à 15h20, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place.	Un dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation de courants de court circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante.	Base de données du BARPI
Chute de pale	06/03/2013	Conilhac-De-La-Montagne	Aude	660 kW	2001	Non	A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât.	La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut.	Base de données du BARPI



Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Incendie	17/03/2013	Euvy	Marne	2,5 MW	2011	Oui	Des usagers de la N4 signalent un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber.	Défaillance électrique	Base de données du BARPI
Impact de foudre	20/06/2013	Labastide-Sur-Besorgues	Ardèche	2 MW	2006	Oui	Un impact de foudre endommage une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées.	Le fabricant de l'éolienne indique que ce type d'incident est exceptionnel (incursion d'un arc électrique dans la pale conduisant à une montée en pression de l'air intérieur), aucune dérive fonctionnelle du système parafoudre n'ont été trouvées.	Base de données du BARPI



Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Maintenance	01/07/2013	Cambon-Et-Salvergues	Hérault	1,3 MW	2006	Oui	Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement. Alors qu'il vient de faire l'appoint en gaz d'un cylindre sous pression faisant partie du dispositif d'arrêt d'urgence des pâles d'une éolienne, un technicien de maintenance démonte l'embout d'alimentation vissable. Une partie de la visserie de la vanne de fermeture reste solidaire de l'embout et se dévisse avec lui. L'ensemble démonté est projeté au visage de l'opérateur et lui brise le nez et plusieurs dents.	Afin d'éviter de tels accidents, la visserie de la vanne présentait une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à la détente du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total. La survenue de l'accident malgré ce dispositif amène l'exploitant à repenser la procédure d'alimentation de l'accumulateur de gaz dans la configuration exigüe de la nacelle d'éolienne	Base de données du BARPI
Maintenance	03/08/2013	Moreac	Morbihan	2 MW	2010	Oui	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m². 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.		Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	2,5 MW	2013	Oui	Un feu se déclare vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW. Le parc éolien est isolé électriquement. Un périmètre de sécurité de 300 m est instauré. Le feu s'éteint de lui-même vers 20 h. La nacelle est détruite, le rotor est intact.	La presse évoque un incident électrique pour expliquer le départ de feu. L'éolienne sinistrée est démantelée le 17/06 par basculement à l'explosif. Cette opération nécessite la mise en place d'un périmètre de sécurité d'un kilomètre.	Base de données du BARPI
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	660 kW	2000	Non	Une des éoliennes d'un parc s'arrête automatiquement à 3h09 à la suite d'un défaut « vibration ». Sur place à 9h30, les techniciens de maintenance (assurée par le fabricant des éoliennes) retrouvent une pale de 20 m au pied du mât. Les 2 autres pales sont toujours en place.		Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Chute de pale	14/11/2014	St-Cirgues-en-Montagne	07	6,8 MW	-	-	La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m. Les secours établissent un périmètre de sécurité et ferment la voie d'accès. L'exploitant sécurise la pale endommagée et bloque la rotation de la nacelle. L'installation est expertisée et les 8 autres éoliennes du parc sont inspectées.		Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Chute de pale	5/12/14	Fitou	11	-	-	-	<p>A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments là sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité, la pale endommagée vers le bas.</p> <p>L'exploitant effectue une inspection visuelle des pales des 8 autres éoliennes du parc. En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollage sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise</p>		Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Feu d'éolienne	29/01/15	Rémigny	02	-	-	Oui	<p>A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Appelés par des employés ayant constatés sur place, les pompiers parviennent à éteindre l'incendie à 9h20.</p> <p>Les dommages matériels sont estimés à 150 k€. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés.</p>	Arc électrique	Base de données du BARPI
Feu d'éolienne	6/02/15	Lusseray	79	-	-	-	<p>Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.</p>	-	Base de données du BARPI
Feu d'éoliennes	24/08/15	Santilly	28	-	-	-	Incendie déclaré sur la nacelle abritant le moteur.	-	Larep.fr
Chute d'une pale	5/03/16	Calanhel	22	-	-	Oui	Chute d'une pale	En cours d'étude	

Tableau 22 : accidentologie recensée entre les années 2000 et 2015 [source : base de données ARIA]



6.3 Analyse détaillée des incidents et accidents survenus en France

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

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer ce recensement. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de la presse locale ou de base 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 (<http://www.aria.developpementdurable.gouv.fr/>) ;
- 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.

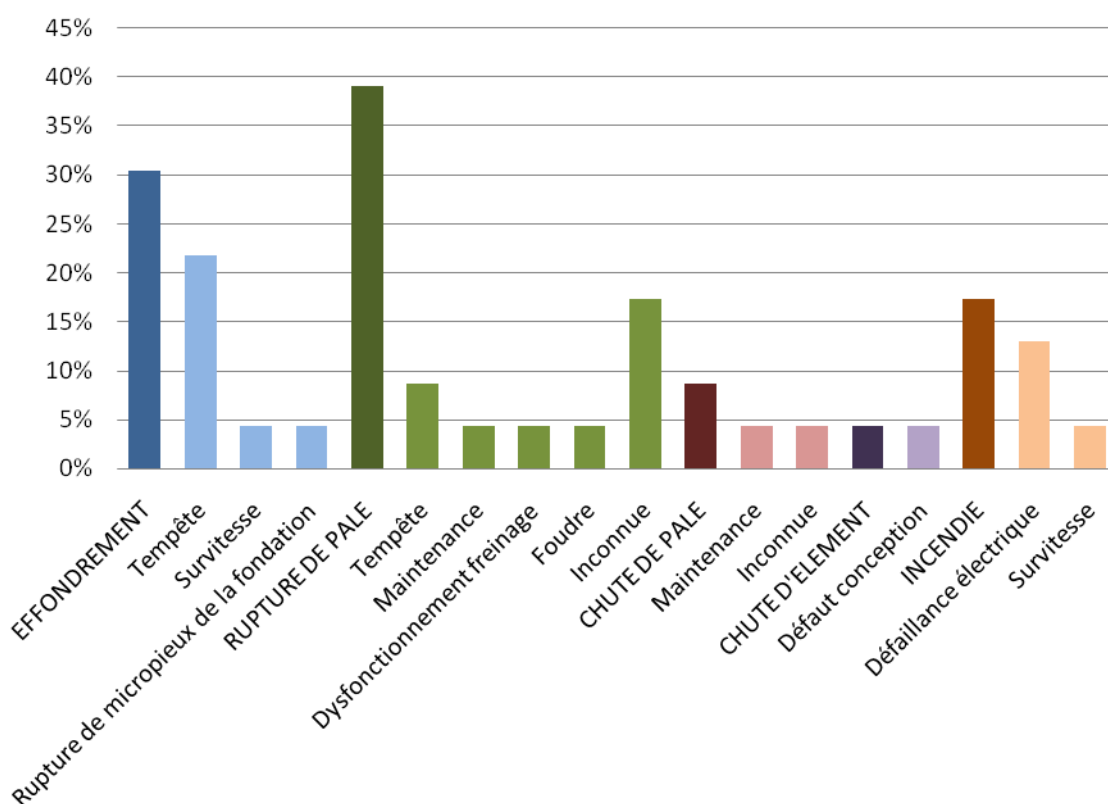
Dans l'état actuel, la base de données du groupe de travail apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 32 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2010 par le groupe de travail. Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail formé par des exploitants et des constructeurs.

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 2010. Cette synthèse exclut les accidents du travail et les événements qui n'ont pas conduits à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. L'identification des causes est nécessairement réductrice. Dans ce graphique sont présentés :

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

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



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

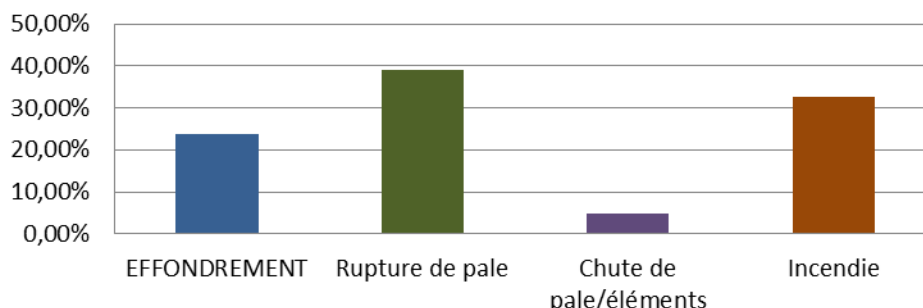
6.4 Autres accidents et incidents dans le monde

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 236 accidents dans le monde issus des descriptions de 994 accidents proposés par le CWIF : sur les 994 accidents, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs » - les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. (Source : trame type Etude des Dangers INERIS).

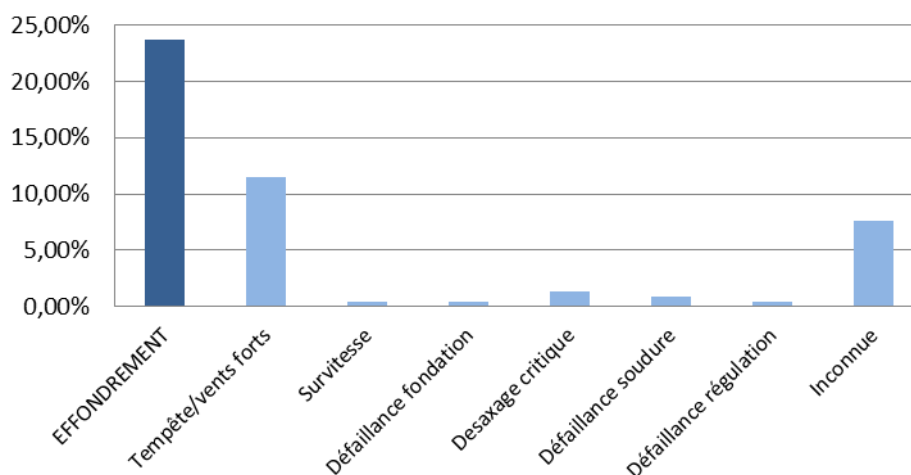
Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.

Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2010

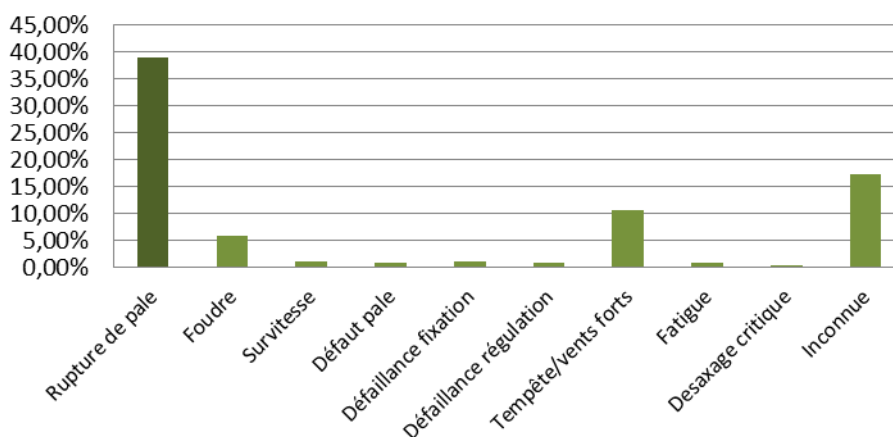


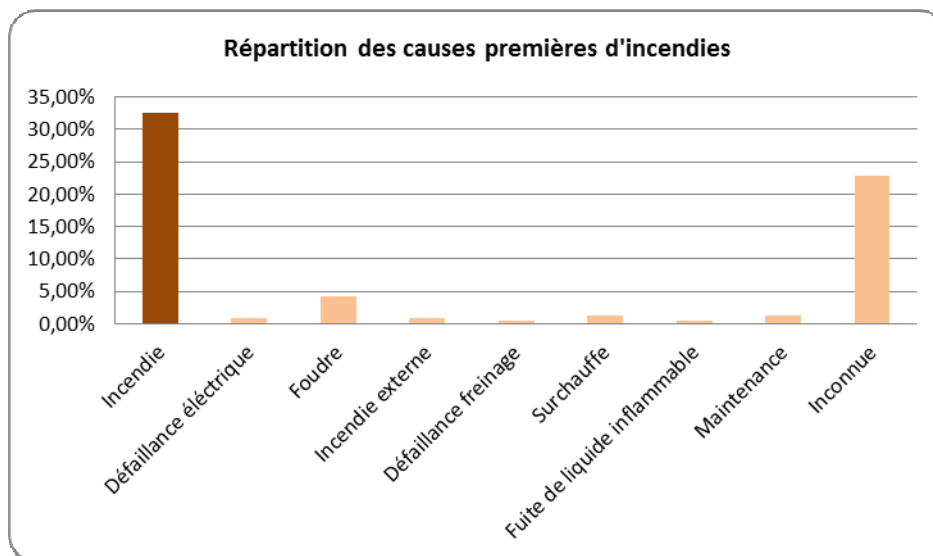
Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

Répartition des causes premières d'effondrement



Répartition des causes premières de ruptures de pale





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.

6.5 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expériences

6.5.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

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

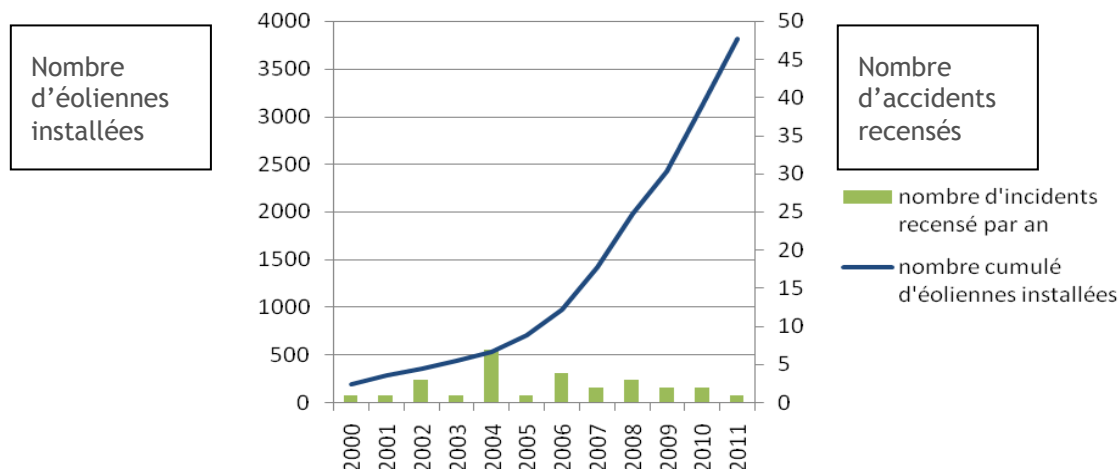


Figure 10 : évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

6.5.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

6.6 Limites de l'étude d'accidentologie

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

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

7 Analyse préliminaire des risques



7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques	108
7.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	108
7.3 Recensement des agressions externes potentielles	109
7.3.1 Agression externes liées aux activités humaines	109
7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels	110
7.4 Analyse générique des risques	111
7.5 Effets dominos	115
7.6 Mise en place de mesures de sécurité	115
7.6.1 Les définitions	115
7.6.2 Les mesures	117
7.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	124



L'objectif de cette partie est de guider le lecteur dans la réalisation de sa propre analyse de risque. Les outils d'analyse des risques sont nombreux (ex : AMDEC⁴, APR⁵, HAZOP⁶, etc.). Dans son guide, l'INERIS propose l'utilisation de la méthode d'Analyse Préliminaire des Risques (APR) qui est souple d'utilisation, adaptée et plus facile à mettre en œuvre et à instruire dans le contexte des éoliennes.

7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques

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

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

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

Comme cela est précisé dans la circulaire du 10 mai 2010, les événements suivants sont exclus de l'analyse des risques :

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

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

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

⁴ AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs effets et de leurs Criticités

⁵ APR : Analyse Préliminaire des Risques

⁶ HAZOP : Hazard and Operability Study

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 sont des événements susceptibles d'endommager ou de détruire les aérogénérateurs de manière à initier un accident qui peut à son tour impacter des personnes. Par exemple, un séisme peut endommager les fondations d'une éolienne et conduire à son effondrement.

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

7.3.1 Agression externes liées aux activités humaines

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

Seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 m (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) seront recensées ici, à l'exception de la présence des aérodromes qui sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km et des autres aérogénérateurs qui seront reportés dans un rayon de 500 mètres.

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Eol 5 : 158 m de la RD9 Eol 6 : 168 m de la RD9 Eol 7 : 150 m de VC de Litz à Rémérangles Eol 8 : 120 m de VC 1 de la Neuville-en-Hez Eol 9 : 63 m de VC 1 de la Neuville-en-Hez Eol 10 : 56 m de VC 1 de la Neuville-en-Hez Eol 11 : 56 m de VC 1 de la Neuville-en-Hz Eol 12 : 56 m de VC 1 de la Neuville-en-Hez
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	> 200 m
Canalisation de gaz	Transport de gaz	Rupture de canalisation et explosion	Effondrement	200 m	136 m
Carrière	Exploitation de roche massive	Instabilité du sous-sol par le biais des tirs d'explosifs	Propagation de l'énergie cinétique à travers le sous-sol	200 m	> 200 m
Aérodrome	Transport aérien	Collision avec un aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 000 m	>2000 m
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	596 m (éoliennes de Chemin des Hagenets en fonctionnement).

Tableau 23 : principales agressions externes liées aux activités humaines

7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Séisme	<i>Très faible [source : prim.net]</i>
Vents et tempête	Le nombre moyen de jours avec des rafales supérieures à 58 km/h (16 m/s) est de 54,2 par an et le nombre moyen de jours avec des rafales supérieures à 101 km/h (28 m/s) est de 1,8 par an [source : MétéoFrance]
Foudre	<i>L'ensemble du parc est conforme à la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305 - 3 (Décembre 2006)</i>
Glissement de sols/ affaissement miniers	<i>Non concernée</i>

Tableau 24 : principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Remarque : Les agressions externes liées à des inondations ou à des incendies de forêt ou de cultures ne sont pas considérées dans ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même [Source : trame type Etude des Dangers INERIS].

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

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

7.4 Analyse générique des risques

Une fois recensés les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux, l'Analyse Préliminaires des Risques doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

Le tableau ci-dessous présente une 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 qualitative de l'intensité 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 et ne concernera donc uniquement la ou les personnes situées sur les parcelles cultivées ;
 - « 2 » correspond à une intensité plus importante et impactant potentiellement des personnes autour de l'éolienne situées sur les parcelles cultivées, la route communale.

Les différents scénarii listés dans le tableau générique de l'Analyse Préliminaires des Risques sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événements redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expériences.

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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
« F » les scénarii concernant les fuites						
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement d'huile hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
« C » les scénarii concernant la chute d'éléments de l'éolienne						
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9)	Impact	1
C03	Défaut fixation nacelle - pivot central - mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9)	Impact	1
« P » les scénarii concernant les risques de projection						
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue - Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (n°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur de maintenance	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
« E » les scénarii concernant les risques d'effondrement						
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N° 13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N° 12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N° 13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N° 11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale - mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) Prévenir les erreurs de maintenance (N° 10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

Tableau 25 : tableau de l'analyse générique des risques

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

7.5 Effets dominos

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, une possibilité est que les effets de cet accident endommagent d'autres installations. Ces dommages peuvent conduire à un autre accident. Par exemple, la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité peut conduire à des fuites de canalisations de substances dangereuses. Ce phénomène est appelé « effet domino ». Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques générique présenté ci-avant.

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 ».

Dans le cadre des études de dangers éoliennes, l'INERIS a proposé de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres. Dans le cadre du projet de Chemin des Haguenets Est&Sud il n'y a aucune installation ICPE à moins de 100 mètres des éoliennes.

L'éloignement entre l'éolienne la plus proche de Chemin des Haguenets Est&Sud de celles de Chemin des Haguenets en fonctionnement est de l'ordre de 600 m (596 m).

Aucune autre ICPE n'a été recensée dans la zone d'étude, soit de 500 mètres de rayon autour de chacune des éoliennes.

Quant à la présence de la canalisation de gaz haute-pression, il est rappelé que l'éloignement requis par le gestionnaire du réseau a été strictement respecté (135 mètres). La Compagnie du Vent s'engage, en cas de modification du modèle d'éoliennes, de consulter GRT Gaz, afin de solliciter un nouvel avis. Enfin il est à souligner que La Compagnie du Vent s'est rapprochée de GRT Gaz (cf. lettre du 24 septembre 2015, reprise en annexe de cette étude de dangers) et se conformera aux préconisations émises.

Compte tenu de l'ensemble des éléments mentionnés ci-dessus, il apparaît qu'aucun effet domino ne soit pas possible en cas d'accident sur une des éoliennes du projet de Chemin des Haguenets Est&Sud.

7.6 Mise en place de mesures de sécurité

La troisième étape de l'analyse préliminaire des risques consiste à identifier les barrières de sécurité installées sur les aérogénérateurs et qui interviennent dans la prévention et/ou la limitation des phénomènes dangereux et de leurs conséquences.

Les tableaux suivants présentent les fonctions de sécurité identifiées sur les éoliennes. Ces tableaux sont génériques et constituent un « cahier des charges » des mesures typiques mises en œuvre sur les aérogénérateurs en France.

7.6.1 Les définitions

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, les aspects relatifs aux fonctions de sécurité qui seront détaillés sont donc les suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement d'empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse préliminaire de risque par exemple.

- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité devront être présentés (détection + traitement de l'information + action). Il n'est pas demandé de décrire dans le détail la marque ou le fonctionnement de l'équipement considéré, simplement de mentionner leur existence.
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques (cf. définition à l'annexe 4), lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires, pour permettre à l'inspection de comprendre leur fonctionnement.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »). Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance à travers les questions suivantes :
 - Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur.
 - Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ?
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
 - une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
 - une seconde mesure maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes ;
 - une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'une survitesse » doit permettre de détecter une survitesse et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
 - si applicable, une mesure maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « Prévenir les projections de glace » doit permettre de détecter la formation importante de glace sur les pales et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée. En cas de doute sur une mesure de maîtrise des risques, une note de calcul de dimensionnement peut être produite.
- **Test (fréquence)** : Il s'agit ici de reporter les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse doivent être réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : Il s'agit ici de fournir la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la

réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

7.6.2 Les mesures

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection du givre et de mise à l'arrêt de la machine. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre avec la mise à l'arrêt de la machine. Le redémarrage va se faire de manière automatique.		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques. Définition de seuils critiques de t° pour chaque type de composant avec alarmes. Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement.		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Non applicable		
Efficacité	100 %		
Tests	Suivi des courbes de températures.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est généralement constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Etablissement d'une liste type indiquant les points à contrôler selon les prescriptions du constructeur. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		

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

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

En complément de la protection incendie, Haguenets Energie assurera :

- Que le matériel incendie est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur ;
- Conformément à la réglementation en vigueur, que :
 - o une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents **dans un délai de 15 minutes** ;
 - o une seconde mesure maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence **dans un délai de 60 minutes** ;
- qu'outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans les nacelles Vestas (qui abritent notamment les divers jeux de barres), sont équipées de détecteurs d'arc. 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 ;
- La présence d'extincteurs en pied de tour et dans la nacelle. Les techniciens de Vestas sont formés à leur utilisation.

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	<p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de prévenir les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</p> <p>Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) - de récupérer les déchets absorbés. <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier ou autre souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités		
Description	<p>La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne.</p> <p>Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Non applicable		
Efficacité	100 %		
Tests	Non applicable		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Non applicable		
Efficacité	100 %		
Tests	Mise en place d'audits afin de s'assurer des bonnes pratiques ou des inspections pendant les interventions.		
Maintenance	Non applicable		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 min		
Efficacité	100 %.		
Tests	Test over speed (préventif annuel)		
Maintenance	RAS		

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

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

De plus, dans le cadre d'une situation d'urgence, La Compagne du Vent a mis en place un protocole strict. Les éoliennes sont suivies par des centres de contrôles fonctionnement 24h/24h.

En cas de défaillance d'une éolienne, une alarme est envoyée au centre en charge de la surveillance de cette machine. Le centre de contrôle analyse l'alarme reçue, ainsi que les paramètres de fonctionnement de la machine. Si l'alarme est caractérisée comme critique, une intervention sur site est déclenchée.

Une équipe de techniciens de maintenance (formés et habilités) intervient alors sur site pour procéder au diagnostic et à la réparation de l'éolienne.

Avant et après l'intervention, les techniciens contactent l'exploitant pour obtenir une autorisation d'accès à l'éolienne, et pour signaler la fin de l'intervention.

En cas d'événements graves, l'exploitant est contacté, et celui-ci mobilise l'ensemble de sa hiérarchie.

Pour cela, La Compagne du Vent a mis en place un numéro d'astreinte opérationnel 24h/24h.

Les personnes d'astreinte sont formées à répondre à ce type de situation, et dispose de « Fiche Reflex » pour les aider à mettre en œuvre les mesures adaptées.

La Compagne du Vent réalise plusieurs simulations chaque année, pour se préparer au mieux à ce type d'événements, et pour améliorer la gestion de ces événements.

CETTE FICHE N'EST QU'UN GUIDE, EN PREMIER LIEU ANALYSEZ LA SITUATION

Mesures à mettre en œuvre en cas d'incendie d'éolienne

Dans les 30 minutes, appeler son N+1 ou le 0821 33 58 12 (cadre de permanence hors heures ouvrées)

ACTIONS		Cochez dès que fait
	Y a-t-il des blessés ? Si oui : Nombre, Etat des victimes, Les Secours sont-ils informés ? Sont-ils sur site ?	
Dès l'alerte	Consignes pour les pompiers (Rappel) 1. Interdiction d'intervenir sur l'éolienne, 2. Limiter la propagation de l'incendie au pied de la machine, 3. Rester à plus de 100m de la machine pour une éolienne de 50m de hauteur (risque de chute d'éléments)	
	Contacter ERdF(ou opérateur réseau) : - Vérifier par message collationnée qu'ERdF (ou opérateur réseau) a bien coupé le poste source à distance - Faire intervenir un agent ERdF (ou opérateur du réseau) pour couper et condamner à l'ouverture la cellule d'arrivée du poste de livraison.	
	Faire intervenir l'astreinte de maintenance pour ouvrir et condamner à l'ouverture le poste de livraison (disjoncteur général)	
Une fois l'incendie maîtrisé	Faire intervenir l'astreinte de maintenance pour mettre en place un périmètre de sécurité de minimum 2 fois la hauteur de la machine, (pour une machine de 50m de hauteur : 100 m mini) Le périmètre de sécurité doit rester sous surveillance jour et nuit en fonction du site, le choix de mettre en place un gardiennage sera fait par la cellule de crise. Maintenir du personnel sur site jusqu'à décision de la cellule de crise	
	Condamner la porte d'accès à l'éolienne	
	Demander à la mairie un Arrêté municipal d'interdiction d'accès au site	
	Installer/ Faire installer les panneaux « risques de chutes d'éléments ou d'équipements »	
	Déclaration du sinistre à l'assurance si nécessaire	
	Commander prestations au constructeur de la machine de : <ul style="list-style-type: none"> • mise en sécurité de l'éolienne • expertise technique et définition des causes de l'incendie, et vérification des autres machines 	

 Diffusion : Libre

 Interne

 Restreint

 Confidentiel

TSVP ->

	FICHE REFLEX Incendie Eolienne	Version 04
		12/01/2015
		Page 2 / 2

	Définir les règles de sécurité avec le constructeur, pas d'intervention sans plan de prévention des risques signé des 2 parties	
Machine sécurisée	Commander nettoyage du site et évacuation des déchets (plan de prévention des risques nécessaire) Conserver les débris pour analyse ultérieure	
	Informers la DREAL par téléphone puis officiellement (formulaire accessible sur internet)	

Les différents numéros de téléphone des personnes énoncées sont dans l'outil « centrale parc ».

Diffusion : Libre Interne Restreint Confidentiel
TSVP ->

Figure 11 : fiche de procédure dite Réflex

7.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

A l'issue de l'analyse préliminaire des risques, l'étude de dangers doit préciser quels scénarii sont retenus en vue de l'analyse détaillée des risques.

Dans le cadre de l'Analyse Préliminaire des Risques générique, trois catégories de scénarii sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200).
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

Tableau 26 : scénarii exclus de l'analyse détaillée des risques [source INERIS]

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

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

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



8 Etude détaillée des risques



8.1 Rappel des définitions

128

8.1.1	Cinétique	129
8.1.2	Intensité	129
8.1.3	Gravité	130
8.1.4	Probabilité.....	130

8.2 Caractérisation des scénarios retenus

131

8.2.1	Effondrement de l'éolienne	132
8.2.2	Chute de glace.....	136
8.2.3	Chute d'éléments de l'éolienne	140
8.2.4	Projection de pales ou de fragments de pales.....	144
8.2.5	Projection de glace	150

8.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques

154

8.3.1	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés.....	154
8.3.2	Synthèse d'acceptabilité des risques	155
8.3.3	Cartographie des risques	155

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

8.1 Rappel des définitions

Comme la réglementation l'impose aux exploitants, l'étude de dangers doit caractériser chaque scénario d'accident majeur potentiel retenu dans l'étude détaillée des risques en fonction des paramètres suivants :

- Cinétique,
- Intensité,
- Gravité,
- Probabilité.

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005.

Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et de toxique.

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

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

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

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

L'étude porte donc sur la probabilité que l'accident se produise, la vitesse avec laquelle il produit des effets et à laquelle les secours sont en mesure d'intervenir (cinétique), l'effet qu'il aura s'il se produit (intensité) et le nombre de personnes exposées (gravité).

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

8.1.1 Cinétique

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005⁷, 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 d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005). On constate que les scénarios retenus au terme de l'analyse préliminaire des risques pour les parcs éoliens sont des scénarios de projection (de glace ou de toute ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou toute ou partie de pale) ou d'effondrement de machine.

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, et décroît en fonction de la distance (par exemple un incendie ou une explosion). Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

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

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

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

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

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

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

⁷ 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

8.1.3 Gravité

Les niveaux de gravité à retenir dans une étude de dangers sont décrits dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005. Ils sont déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet définies dans le paragraphe précédent.

Intensité Gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel à exposition très forte	Zone d'effet d'un événement accidentel à exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel à exposition significative
« 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 :

Echelle de probabilité	E	D	C	B	A
Appréciation qualitative	<p>événement extrêmement rare</p> <p>possible mais non recensé au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.</p>	<p>événement rare</p> <p>s'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité</p>	<p>événement improbable</p> <p>un 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.</p>	<p>événement probable sur site</p> <p>s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations</p>	<p>événement courant</p> <p>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>
Appréciation quantitative (par unité et par an)	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	

Tableau 27 : échelle de probabilité quantitative présentée en Annexe 1 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [Source : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable]

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

8.2 Caractérisation des scénarios retenus

Scénarii	Mode de défaillance	Accidents majeurs redoutés
Neige et grand froid	Formation de givre sur les pales	Chute ou projection de blocs de glace
Foudre et présence d'eau dans la pale	Vaporisation de l'eau présente dans la pale	Perte de tout ou partie de pale
Erreur de conception	Faiblesse de la structure ou de la fixation de la pale	Perte de tout ou partie de pale
Erreur humaine : non-respect ou insuffisance des règles d'exploitation et de maintenance	Survitesse de l'éolienne	Perte de tout ou partie de pale
Vents violents et défaillance du système de sécurité	Survitesse de l'éolienne	Perte de tout ou partie de pale
Survitesse de l'éolienne et perte de tout ou partie de pale	Déséquilibre de l'éolienne	Effondrement de la machine
Erreur dans la conception des fondations	Mauvais dimensionnement ou mauvaise mise en œuvre des fondations	Effondrement de la machine
Inondation	Fragilisation des fondations	Effondrement de la machine

Tableau 28 : identification des scénarios pouvant entraîner des accidents majeurs

NOTA : nous rappelons la présence d'une canalisation de gaz haute-pression sur le site éolien. Or, comme requis par le gestionnaire du réseau, un éloignement minimum de 135 mètres a été appliqué entre la présente canalisation et la plus proche éolienne en projet.

L'atteinte de la canalisation à la suite d'un accident sur l'éolienne serait le résultat de l'effet domino que nous n'avons pas retenu dans le cadre de l'analyse (cf. chapitre précédent 7.5 effets dominos).

De plus, l'exploitation d'une telle canalisation ne nécessite pas de présence humaine. C'est pourquoi nous n'avons pas pris en compte cette canalisation dans le calcul du nombre de personnes exposées selon les scénarii suivants.

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 une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit **135 m** dans le cas des éoliennes du parc de Chemin des Haguenets Est&Sud.

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

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 de Chemin des Haguenets Est&Sud. R est la longueur de pale, ou plutôt dans le calcul, la moitié du diamètre du rotor (R= 55 m), H la hauteur du mât ou dans le calcul, la hauteur de moyeu (H= 80 m), L la largeur moyenne du mât (L= 3,3 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB = 3,6 m).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale = 150 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$H \times L + 3 \times R \times LB / 2$	$\pi \times (H+R)^2$	Z_i / Z_e	-
561	57 256	0,98 % (< 1 %)	Modérée

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 du paragraphe 8.1., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

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

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

Hypothèses de calcul retenues :

Au sein de ce rayon d'études de 135 mètres, nous avons identifié plusieurs lieux potentiellement fréquentés par des personnes.

1- Nous avons identifié des espaces ouverts agricoles, considérés comme des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Nous avons donc appliqué, telle que définie par l'annexe 1 de l'étude générique Inéris, la densité d'une personne exposée par tranche de 100 ha.

2- Enfin nous avons identifié plusieurs chemins de desserte aux éoliennes ainsi que certaines portions de Voie Communale, dont le trafic est inférieur à 2 000 véhicules par jour. L'annexe 1 de l'étude générique Inéris précise que, dans ce cadre, il est nécessaire de considérer une fréquence d'une personne par tranche de 10 ha. Nous avons alors considéré une largeur de chemin à 5 mètres.

Effondrement de l'éolienne

(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale = 135 m)

<i>Eolienne</i>	<i>Section concernée (en mètres linéaire)</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Somme des personnes permanentes</i>	<i>Gravité</i>
E1	(rayon 135)	0,06 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,0815	Modérée
	210	0,01 sur le chemin de desserte		
	230	0,0115 sur le chemin de terre		
E2	(rayon 135)	0,06 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,075	Modérée
	300	0,015 sur le chemin de desserte		
E3	(rayon 135)	0,06 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,076	Modérée
	320	0,016 sur le chemin de desserte		
E4	(rayon 135)	0,06 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,075	Modérée
	300	0,015 sur le chemin de desserte		
E5	(rayon 135)	0,06 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,067	Modérée
	150	0,0075 sur le chemin de desserte		
E6	(rayon 135)	0,06 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,067	Modérée
	135	0,00675 sur le chemin de desserte		
E7	(rayon 135)	0,06 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,067	Modérée
	150	0,0075 sur le chemin de desserte		
E8	(rayon 135)	0,06 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,074	Modérée
	140	0,007 sur le chemin de desserte		

	135	0,00675 sur la VC 1 de la Neuville-en-Hez		
E9	(rayon 135)	0,06 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,076	Modérée
	70	0,0035 sur le chemin de desserte		
	250	0,0125 sur la VC 1 de la Neuville-en-Hez		
E10	(rayon 135)	0,06 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,0765	Modérée
	70	0,0045 sur le chemin de desserte		
	255	0,012 sur la VC 1 de la Neuville-en-Hez		
E11	(rayon 135)	0,06 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,0775	Modérée
	100	0,005 sur le chemin de desserte		
	250	0,0125 sur la VC 1 de la Neuville-en-Hez		
E12	(rayon 135)	0,06 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,0775	Modérée
	110	0,0055 sur le chemin de desserte		
	240	0,012 sur la VC 1 de la Neuville-en-Hez		

8.2.1.4 Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines ⁸	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distances ⁹	$1,8 \times 10^{-4}$ (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'expérience¹⁰, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

⁸ 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

⁹ Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieuresgesellschaft, 2004

¹⁰ Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

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

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

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

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

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

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

Ainsi, selon l'étude INERIS de mai 2012, 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

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Chemin des Haguenets Est&Sud, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale = 135 m)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable
E10	Modérée	Acceptable
E11	Modérée	Acceptable
E12	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

En effet, compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effets indiqué plus haut, qui est bien inférieur à 10 pour chaque éolienne, le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacune des éoliennes.

Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque (effondrement de l'éolienne).

8.2.2 Chute de glace

8.2.2.1 Considérations générales

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

Selon l'étude WECO¹¹, une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concernée 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.

Pour rappel le nombre de jour de gel est de 10 à Beauvais.

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

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 autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud, la zone d'effet a donc un rayon de 55 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

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 dans le cas du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale ($R = 55$ m), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1$ m²).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 =$ zone de survol = 55m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I / Z_E$	
1	9 503	0,01 (< 1%)	Exposition modérée

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

¹¹ Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. - Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000

8.2.2.4 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées : « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1000 personnes exposées : « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées : « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées : « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » : « Modéré ».

Hypothèses de calcul retenues :

Nous appliquons les mêmes hypothèses de calcul que précédemment, à savoir :

- Les zones de culture sont considérées des terrains comme non aménagés et très peu fréquentés. La densité appliquée sera celle proposée par l'annexe 1 de l'étude générique Inéris, soit 1 personne par tranche de 100 ha ;
- Les chemins sont considérés comme des voies non structurantes. La fréquence appliquée sera celle proposée dans l'annexe 1 de l'étude Inéris, soit une personne par tranche de 10 ha. La largeur appliquée à ces chemins sera de 5 mètres.

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 (cf. annexes 10.1) :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol = 55 m)				
Eolienne	Section concernée (en mètres linéaire)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E1	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,013	Modérée
	65	0,00325 sur le chemin de desserte		
E2	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,013	Modérée
	65	0,00325 sur le chemin de desserte		
E3	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,016	Modérée
	125	0,00625 sur le chemin de desserte		
E4	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,0165	Modérée
	140	0,007 sur le chemin de desserte		
E5	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés cultures)	0,0125	Modérée
	60	0,003 sur le chemin de desserte		
E6	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,0125	Modérée
	60	0,003 sur le chemin de desserte		
E7	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,013	Modérée

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol = 55 m)				
	70	0,0035 sur le chemin de desserte		
E8	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,012	Modérée
	55	0,00275 sur le chemin de desserte		
E9	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,0125	Modérée
	60	0,003 sur le chemin de desserte		
E10	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,014	Modérée
	70	0,0035 sur le chemin de desserte		
	25	0,00125 sur la VC 1 de la Neuville-en-Hez		
E11	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,0165	Modérée
	70	0,0035 sur le chemin de desserte		
	65	0,00325 sur la VC 1 de la Neuville-en-Hez		
E12	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,016	Modérée
	70	0,004 sur le chemin d'accès à E12		
	55,5	0,0028 sur le chemin d'accès à E14		

8.2.2.5 Probabilité

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

8.2.2.6 Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de A, le risque de chute de glace pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'une gravité « Modérée » qui correspond pour cet événement à un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1. Dans le cas contraire, l'exploitant devra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Chemin des Hagenets Est&Sud, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol, 55 m)		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable
E10	Modérée	Acceptable
E11	Modérée	Acceptable
E12	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Chemin des Hagenets Est&Sud, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

En effet, compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effets indiqué plus haut, qui est largement inférieur à 1 pour chaque éolienne, le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacune des éoliennes. Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

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

Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

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 correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor (55 m dans le cas présent).

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 parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud, d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R= 55$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB= 3,6$ m).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $1/D =$ zone de survol = 55 m)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \cdot LB / 2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I / Z_E$	
99	9 503	1,04 ($1 < d < 5$ %)	Exposition forte

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 :

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

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

Nous appliquons les mêmes hypothèses de calcul que précédemment, à savoir :

1- Nous avons identifié des espaces ouverts agricoles, considérés comme des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Nous avons donc appliqué, telle que définie par l'annexe 1 de l'étude générique Inéris, la densité d'une personne exposée par tranche de 100 ha.

2- Enfin nous avons identifié plusieurs chemins de desserte aux éoliennes ainsi que certaines portions de Voie Communale, dont le trafic est inférieur à 2 000 véhicules par jour. L'annexe 1 de l'étude générique Inéris précise que, dans ce cadre, il est nécessaire de considérer une fréquence d'une personne par tranche de 10 ha. Nous avons alors considéré une largeur de chemin à 5 mètres.

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

Chute d'éléments de l'éolienne				
(dans un rayon inférieur ou égal à $1/D =$ zone de survol = 55 m)				
Eolienne	Section concernée (en mètres linéaire)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E1	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,013	Modérée
	65	0,00325 sur le chemin de desserte		
E2	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,013	Modérée
	65	0,00325 sur le chemin de desserte		
E3	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,016	Modérée
	125	0,00625 sur le chemin de desserte		
E4	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,0165	Modérée
	140	0,007 sur le chemin de desserte		
E5	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés cultures)	0,0125	Modérée
	60	0,003 sur le chemin de desserte		
E6	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,0125	Modérée
	60	0,003 sur le chemin de desserte		
E7	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,013	Modérée
	70	0,0035 sur le chemin de desserte		
E8	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,012	Modérée
	55	0,00275 sur le chemin de desserte		
E9	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,0125	Modérée
	60	0,003 sur le chemin de desserte		
E10	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,014	Modérée
	70	0,0035 sur le chemin de desserte		
	25	0,00125 sur la VC 1 de la Neuville-en-Hez		
E11	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,0165	Modérée

	70	0,0035 sur le chemin de desserte		
	65	0,00325 sur la VC 1 de la Neuville-en-Hez		
E12	(rayon 55)	0,0095 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,016	Modérée
	70	0,004 sur le chemin d'accès à E12		
	55,5	0,0028 sur le chemin d'accès à E14		

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 $4,47 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an).

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *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.

8.2.3.5 Acceptabilité

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

Dans le cas contraire, l'exploitant devra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Chemin des Haguenets Est&Sud, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol, 55 m)		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable
E10	Modérée	Acceptable
E11	Modérée	Acceptable
E12	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

En effet, compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effets indiqué plus haut, qui est largement inférieur à 10 pour chaque éolienne, le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacune des éoliennes.

Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

8.2.4 Projection de pales ou de fragments de pales

8.2.4.1 Zone d'effet

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

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne¹².

L'analyse de ce recueil d'accidents indique une distance maximale de projection de l'ordre de 500 mètres à deux exceptions près :

- 1 300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006 ;
- 1 000 m rapporté pour un accident à Burgos en Espagne le 09/12/2000.

Toutefois, pour ces deux accidents, les sources citées ont été vérifiées par le SER-FEE et aucune distance de projection n'y était mentionnée. Les distances ont ensuite été vérifiées auprès des constructeurs concernés et dans les deux cas elles n'excédaient pas 300 m.

Ensuite, pour l'ensemble des accidents pour lesquels une distance supérieure à 400 m était indiquée, les sources mentionnées dans le recueil ont été vérifiées de manière exhaustive (articles de journal par exemple), mais aucune d'elles ne mentionnait ces mêmes distances de projection. Quand une distance était écrite dans la source, il pouvait s'agir par exemple de la distance entre la maison la plus proche et l'éolienne, ou du périmètre de sécurité mis en place par les forces de l'ordre après l'accident, mais en aucun cas de la distance de projection réelle.

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres¹³. Sur la base de ces éléments et de façon conservatrice, une distance d'effet de 500 mètres est considérée comme distance raisonnable pour la prise en compte des projections de pales ou de fragments de pales dans le cadre des études de dangers des parcs éoliens.

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 (500 m).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R= 55$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB= 3,6$ m).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \cdot LB / 2$	$Z_E = \pi \times 500^2$	$d = Z_I / Z_E$	
99	785 398	0,013	Exposition modérée

¹² Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum

¹³ 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 et Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004

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 m autour de l'éolienne :

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

Hypothèses de calcul retenues :

Au sein de ce rayon d'études de 500 mètres, nous avons identifié plusieurs lieux potentiellement fréquentés par des personnes.

1- Nous avons identifié tout d'abord espaces de culture considérés comme des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Nous avons donc appliqué, telle que définie par l'annexe 1 de l'étude générique Inéris, la densité d'une personne exposée par tranche de 100 ha.

2- Ensuite nous avons identifié plusieurs portions de la RD 9, de voies communales, de chemins de desserte et autres que nous avons considérés comme axes de circulation non structurants. Nous avons alors appliqué une fréquence d'une personne par tranche de 10 ha (cf. annexe 1 de l'étude Inéris). Pour ce faire, nous avons considéré une largeur de chemin de 5 mètres.

Remarque : la fréquence routière moyenne quotidienne sur la RD 9 est de 1 648.

3- Enfin nous avons identifié le GR 124. Nous avons appliqué la fréquence indiquée en annexe 1 de l'étude Inéris (cf. annexe 1) de 2 personnes pour un 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne. Nous avons également considéré que le nombre de randonneurs était dans ce cas inférieur à 100 promeneurs par jour. Nous pensons toutefois qu'il s'agit d'une hypothèse élevée.

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 (cf. annexes) :

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)				
Eolienne	Section concernée (m)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E1	500 (rayon)	0,8 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture et bois)	0,88	Modérée
	590	0,0295 sur le chemin de desserte		
	1 040	0,052 sur le chemin de terre		
E2	500 (rayon)	0,8 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,85	Modérée
	590	0,295 sur le chemin de terre		
	1 070	0,0535 sur le chemin de desserte		
E3	500 (rayon)	0,8 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,86	Modérée
	1 200	0,06 sur le chemin de desserte		
E4	500 (rayon)	0,8 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	2,5	Sérieuse
	910	0,0455 sur le chemin de desserte		
	800	0,04 sur la VC 2 de Litz à Bulles		
	800	1,6 personne sur le GR 124		
E5	500 (rayon)	0,8 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,9	Modérée
	980	0,049 sur la RD 9		
	80	0,004 sur la VC de Litz à Rémérangles		
	965	0,048 sur les chemins de desserte		
E6	500 (rayon)	0,8 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,91	Modérée
	915	0,046 sur la RD 9		
	965	0,048 sur les chemins de desserte		
	400	0,02 sur la VC de Litz à Rémérangles		
E7	500 (rayon)	0,8 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,91	Modérée
	825	0,041 sur la RD 9		
	690	0,0345 sur la VC de Litz à Rémérangles		
	795	0,03975 sur les chemins de desserte		
E8	500 (rayon)	0,8 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,895	Modérée
	980	0,049 sur la VC 1 de la Neuville-en-Hez		
	530	0,0265 sur la RD 9		
	365	0,0185 sur les chemins de desserte		

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)				
<i>Eolienne</i>	<i>Section concernée (m)</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Somme des personnes permanentes</i>	<i>Gravité</i>
E9	500 (rayon)	0,8 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,86	Modérée
	990	0,0495 sur la VC 1 de la Neuville-en-Hez		
	365	0,0185 sur les chemins de desserte		
E10	500 (rayon)	0,8 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,86	Modéré
	990	0,0495 sur la VC 1 de la Neuville-en-Hez		
	200	0,01 sur les chemins de desserte		
E11	500 (rayon)	0,8 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,87	Modéré
	220	0,011 sur les chemins de desserte		
	1 000	0,05 sur la VC 1 de la Neuville-en-Hez		
	200	0,01 sur la VC n°2 de Litz à Bulles		
E12	500 (rayon)	0,8 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,9	Modéré
	1 005	0,05 sur la VC 1 de la Neuville-en-Hez		
	870	0,0435 sur la VC n°2 de Litz à Bulles		
	160	0,008 sur les chemins de desserte		

8.2.4.4 Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment for a wind farm project ¹⁴	1×10^{-6}	Respect de l'Eurocode EN 1990 - Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines ⁸	$1, 1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Spécification of minimum distances ⁹	$6,1 \times 10^{-4}$	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

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

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

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « 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 ».

¹⁴ Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project - Case study - Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24

8.2.4.4.1 Acceptabilité

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

Si le nombre de personnes permanentes (ou équivalent) est supérieur à ces chiffres, l'exploitant peut engager une étude supplémentaire pour déterminer le risque d'atteinte de l'enjeu à l'origine de ce niveau de gravité et vérifier l'acceptabilité du risque.

Le cas échéant, des mesures de sécurité supplémentaires pourront être mises en place pour améliorer l'acceptabilité du risque.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Chemin des Hagenets Est&Sud, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de pale ou de fragment de pale		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Sérieuse	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable
E10	Modérée	Acceptable
E11	Modérée	Acceptable
E12	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Chemin des Hagenets Est&Sud, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

En effet, compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effets indiqué plus haut, qui est pour chaque cas bien inférieur à 1 000, le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacune des éoliennes.

Il n'apparaît donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

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 dommage sur les personnes ou les biens.

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

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

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures. A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace. Cette distance est de 285 m dans le cas du projet de Chemin des Haguenets.

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 dans le cas du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 55 m), H la hauteur au moyeu (H= 80 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne= 285 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _I = SG	Z _E = π x 1,5*(H+2*R) ²	d = Z _I /Z _E	
1	170 117	5,9 x 10 ⁻⁴ (< 1%)	Exposition modérée

8.2.5.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

- Plus de 1 000 personnes exposées : « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées : « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées : « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées : « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » : « Modéré ».

Il a été observé dans la littérature disponible¹⁵ 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

¹⁵ Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003

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.

Hypothèse de calcul

Pour le risque « projection de glace », nous avons appliqué les mêmes hypothèses de calcul que pour le risque précédent, à savoir la projection de pales ou de fragments de pales.

1- Nous avons identifié tout d'abord des espaces de cultures considérés comme des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Nous avons donc appliqué, telle que définie par l'annexe 1 de l'étude générique Inéris, la densité d'une personne exposée par tranche de 100 ha.

2- Ensuite nous avons identifié plusieurs portions de la RD 9, de voies communales, de chemins de desserte et autres que nous avons considérés comme axes de circulation non structurants. Nous avons alors appliqué une fréquence d'une personne par tranche de 10 ha (cf. annexe 1 de l'étude Inéris). Pour ce faire, nous avons considéré une largeur de chemin de 5 mètres.

Remarque : la fréquence routière moyenne quotidienne est sur la RD 9 est de 1 648.

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = $1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne = 285 m)				
Eolienne	Section concernée (m)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E1	285 (rayon)	0,255 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,3	Modérée
	600	0,03 sur le chemin de terre		
	370	0,0185 sur le chemin de desserte		
E2	285 (rayon)	0,255 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,29	Modérée
	640	0,032 sur les chemins de desserte		
E3	285 (rayon)	0,255 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,29	Modérée
	640	0,032 sur le chemin de desserte		
E4	285 (rayon)	0,255 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,285	Modérée
	610	0,0305 sur le chemin de desserte		
E5	285 (rayon)	0,255 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,29	Modérée
	505	0,025 sur la RD 9		
	385	0,019 sur le chemin de desserte		
E6	285 (rayon)	0,255 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,31	Modérée
	415	0,02 sur la RD 9		
	590	0,0295 sur le chemin de desserte		
	145	0,00725 sur la VC de Litz à Rémérangles		

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = $1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne = 285 m)				
Eolienne	Section concernée (m)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E7	285 (rayon)	0,255 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,3	Modérée
	250	0,0135 sur la RD 9		
	270	0,0082 sur le chemin de desserte		
	467	0,023 sur la VC de Litz à Rémérangles		
E8	285 (rayon)	0,255 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,29	Modérée
	125	0,00625 sur le chemin de desserte		
	520	0,026 sur la VC de Litz à Rémérangles		
E9	285 (rayon)	0,255 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,29	Modérée
	530	0,0265 sur la VC 1de la Neuville-en-Hez		
	125	0,00625 sur le chemin de desserte		
E10	285 (rayon)	0,255 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,29	Modérée
	550	0,028 sur la VC 1de la Neuville-en-Hez		
	65	0,0032 sur le chemin de desserte		
E11	285 (rayon)	0,255 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,29	Modérée
	565	0,0285 sur la VC 1de la Neuville-en-Hez		
	60	0,003 sur le chemin de desserte		
E12	285 (rayon)	0,255 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : culture)	0,29	Modérée
	545	0,027 sur la VC 1de la Neuville-en-Hez		
	100	0,005 sur le chemin de desserte		

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 inférieures à 10 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur de Chemin des Haguenets Est&Sud, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = $1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne = 285 m)			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E1	Modérée	Non	Acceptable
E2	Modérée	Non	Acceptable
E3	Modérée	Non	Acceptable
E4	Modérée	Non	Acceptable
E5	Modérée	Non	Acceptable
E6	Modérée	Non	Acceptable
E7	Modérée	Non	Acceptable
E8	Modérée	Non	Acceptable
E9	Modérée	Non	Acceptable
E10	Modérée	Non	Acceptable
E11	Modérée	Non	Acceptable
E12	Modérée	Non	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

En effet, compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effets indiqué plus haut, qui est inférieur à 10 pour chaque éolienne, le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacune des éoliennes.

Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

8.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques

8.3.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque aérogénérateur, l'ensemble des scénarios étudiés et les paramètres de cinétique, intensité, gravité et probabilité qui leur sont associés.

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale, 135 m	Rapide	Exposition modérée	D (pour les éoliennes récentes)	Modérée
Chute de glace	Zone de survol, 55 m	Rapide	Exposition modérée	A (hypothèse conservatrice)	Modérée
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol, 55 m	Rapide	Exposition forte	C	Modérée
Projection d'éléments d'éoliennes	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour les éoliennes récentes)	Modérée pour les éoliennes 1 à 3 et 5 à 12
					Sérieuse pour l'éolienne 4
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne, 285 m	Rapide	Exposition modérée	B (forfaitaire)	Modérée

8.3.2 Synthèse d'acceptabilité des risques

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

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

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Projection d'éléments pour l'éolienne 4			
Modéré		Effondrement de l'éolienne	Chute d'éléments d'éoliennes	Projection de glace	Chute de glace
		Projection d'éléments pour l'éolienne 1 à 3 et 5 à 12			

Légende de la matrice :

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place.

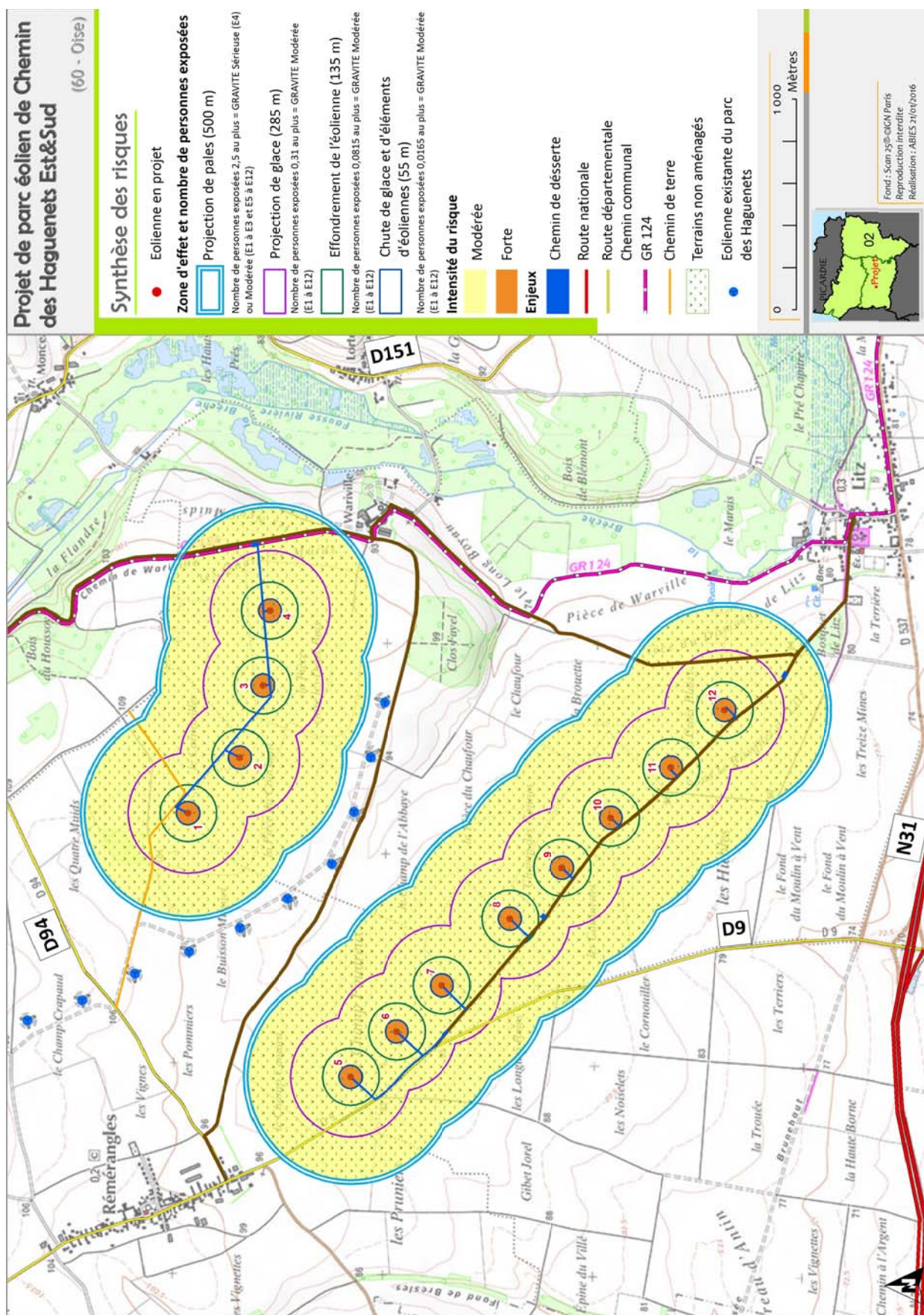
A la lumière de l'analyse ci-dessus, nous pouvons conclure que le parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud présente des risques acceptables.

8.3.3 Cartographie des risques

La carte de synthèse doit faire apparaître, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse :

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

La carte qui suit représente les différentes distances seuils calculées dans le cadre du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud.



Carte 12 : synthèse des risques

9 Conclusions



Aucune entrée de table des matières n'a été trouvée.

L'analyse du retour d'expérience recensant les accidents et les incidents survenus sur les installations éoliennes et l'analyse préliminaire des risques ont permis d'identifier cinq scénarios d'accidents majeurs pour l'installation du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud :

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

Remarque : il n'a pas été pris en considération la canalisation de gaz dans le cadre du calcul du nombre de personnes exposées, selon les scénarii analysés. D'une part, l'exploitation d'une telle canalisation ne nécessite pas la présence de personnel, et La Compagnie du Vent a respecté un éloignement de 135 m, tel que requis par le gestionnaire, d'autre part.

Chaque accident majeur est caractérisé par son intensité, sa probabilité et sa gravité.

L'effondrement de l'éolienne présente en termes de risques une exposition modérée. Cependant sa probabilité est jugée « rare » d'après le retour d'expérience et les mesures correctives pour éviter ce genre d'accident (contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages, procédure de maintenance, classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents, détection et prévention des vents forts et tempêtes, arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne, procédure de veille cyclonique et d'intervention). Sa gravité est considérée comme « modérée » au regard des enjeux du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud (terrains non aménagés et très peu fréquentés et les différents chemins, voies communales ...).

Le scénario d'accident lié à la **chute de glace** a une probabilité qualifiée de « courante ». Un panneau d'information du risque de chute et de projection de glace sera installé à proximité de chacune des éoliennes. La gravité de chute de glace est considérée comme « modérée » au regard des enjeux du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud (terrains non aménagés et très peu fréquentés et les différents chemins de desserte, ...).

La **chute d'éléments de l'éolienne** est considérée comme « improbable » d'après le retour d'expérience. Les principales barrières de sécurité pour réduire ce scénario sont les contrôles réguliers des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) et les procédures générales de maintenance. La gravité associée à cet accident est jugée « modérée » au regard des enjeux du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud (terrains non aménagés et très peu fréquentés et les différents chemins de desserte, ...).

Le scénario de **projection de pales ou de fragments de pales** présente également une probabilité « rare » d'après le retour d'expérience et les mesures correctives pour éviter ce genre d'accident (détection de survitesse et système de freinage, contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages, classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents, détection et prévention des vents forts et tempêtes, arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne). Sa gravité est considérée comme « sérieuse » pour l'éolienne 4 et modérée pour les onze autres éoliennes, pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés, et les différents chemins. La différence de gravité provient de la proximité de l'éolienne 4 avec le GR 124, pour lequel la présence humaine est plus potentiellement plus élevée.

Enfin le scénario de **projection de glace** est qualifié de probable. Un panneau d'information de projection de pale sera installé à l'entrée du parc. La gravité de projection de glace est considérée comme « Modérée » au regard des enjeux du parc éolien de les différents chemins de desserte, ...pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés et sur l'ensemble des chemins ruraux et voies communales.

Finalement, au regard des enjeux du parc éolien de Chemin des Haguenets Est&Sud, les mesures de maîtrise des risques mises en place sur l'installation sont suffisantes pour garantir un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux retenus dans l'étude détaillée.



10 Annexes



10.1 Annexe 1 - Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

164

10.1.1	Terrains non bâtis	164
10.1.2	Voies de circulation	164
10.1.3	Logements	165
10.1.4	Etablissements recevant du public (ERP).....	165
10.1.5	Zones d'activité	166

10.2 Annexe 2 - Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques

166

10.2.1	Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02) .	166
10.2.2	Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07).....	167
10.2.3	Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)	168
10.2.4	Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)	168
10.2.5	Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P03)	168

10.2.6 Scénarios relatifs aux risques d’effondrement des éoliennes (E01 à E10)169

10.3 Annexe 3 - Glossaire
170

10.4 Annexe 4 - Bibliographie et références utilisées
173



10.1 Annexe 1 - Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

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

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

10.1.1 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.

10.1.2 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.

10.1.2.1 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	

10.1.2.2 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.

10.1.2.3 Voies navigables

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

10.1.2.4 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.

10.1.3 Logements

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

10.1.4 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.

10.1.5 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.

10.2 Annexe 2 - Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie 1.8 de la présente 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 (« 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).

10.2.1 Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)

10.2.1.1 Scénario G01

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

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

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

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

10.2.1.2 Scénario G02

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrage de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement simultanément à une défaillance des systèmes de détection de givre et de balourd.

Aux faibles vitesses de vents (vitesse de démarrage ou « cut in »), les projections resteront limitées au surplomb de l'éolienne. A vitesse de rotation nominale, les éventuelles projections seront susceptibles d'atteindre des distances supérieures au surplomb de la machine.

10.2.2 Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10.2.3 Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

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

10.2.3.1 Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

10.2.3.2 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.

10.2.4 Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)

Les scénarii de chutes concernent les éléments d'assemblage des aérogénérateurs : ces chutes sont déclenchées par la dégradation d'éléments (corrosion, fissures, ...) ou des défauts de maintenance (erreur humaine).

Les chutes sont limitées à un périmètre correspondant à l'aire de survol.

10.2.5 Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P03)

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

- Défaut de conception et de fabrication

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

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

Si l'éolienne est en fonctionnement la zone d'effet sera déterminée en fonction de l'étude balistique et du site.

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).

10.2.5.1 Scénario P01

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

10.2.5.2 Scénario P02

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

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

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

10.2.5.3 Scénarios P03

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

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

Les événements pouvant conduire à l'effondrement de l'éolienne sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant
- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

10.3 Annexe 3 - Glossaire

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

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

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

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

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

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

Evénement redouté central : 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.

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

10.4 Annexe 4 - Bibliographie et références utilisées

- ❖ 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

10.5 Annexe 5 - Courrier de GRT Gaz

POLE EXPLOITATION VAL DE SEINE
DÉPARTEMENT PERFORMANCE RÉSEAU
& TRAVAUX TIERS



ABIES
Bureau d'Etudes
Energies Renouvelables & Environnement
7 avenue du Général Sarrail
31290 VILLEFRANCHE DE LAURAGAIS

A l'attention de Monsieur Rémi Daffos

Recommandé avec AR

VOS REF: Etude d'impact
NOS RÉF. DGOT- BVS
INTERLOCUTEUR: David DELAVERGNE Tél. : 01.40.85.28.77
OBJET: Extension d'un parc Eolien
Chemin de Haguenets - LITZ - REMERANGLES

Gennevilliers, le 24 septembre 2015

Monsieur,

Nous accusons réception de votre courrier en date 23 septembre 2015 portant sur la connaissance des éventuelles servitudes contraintes ou réglementations concernant l'implantation de votre projet cité en objet.

En réponse, nous vous informons que nos services exploitent une canalisation de transport de gaz naturel haute pression de diamètre 900 dans l'aire d'étude de votre projet.

Nous vous adressons un plan situant approximativement notre ouvrage.

Nous tenons à vous informer que **pour nous prononcer sur la faisabilité de l'implantation des éoliennes sur ce site**, et afin d'en étudier la compatibilité avec la présence de notre ouvrage, il conviendra de nous faire parvenir un plan avec l'implantation des éoliennes ainsi que les données caractéristiques ci-dessous pour chaque éolienne, car ces éléments nous permettent de calculer la distance minimale de sécurité :

- hauteur totale de la tour (en mètre)
- longueur des pâles (en mètre)
- masse supérieur (nacelle + rotor) (en tonne)
- masse du mât supportant la charge (en tonne)

En cas de mât hétérogène :

- hauteur du pilier de base (en mètre)
- masse du pilier de base (en tonne)

Néanmoins, nous vous communiquons ci-dessous, **à titre indicatif**, les distances et les conditions d'implantation (pour des éoliennes avec mât acier).

1°) Distance minimale de sécurité à partir desquelles les risques d'accidents étant réduits au maximum, GRTgaz n'impose aucune mesure particulière.

- Implantation d'éolienne à proximité de notre ouvrage gaz enterré : à minima 2 fois la hauteur complète de l'éolienne (hauteur du mât + rayon de la pale)

2°) Implantation d'éoliennes à une distance comprise entre environ 2 fois et environ 1 fois la hauteur complète de l'éolienne (par rapport à notre ouvrage enterré)

Un calcul à partir des éléments demandés ci dessus permettra de déterminer la faisabilité du projet. Néanmoins, nos services ne pourront émettre un avis favorable que sur **présentation obligatoire** des documents suivants :

- une certification de type, d'un organisme tiers reconnu (par exemple Germanischer Lloyd) couvrant et garantissant l'intégralité de la conception de l'aérogénérateur
- une justification des calculs de fondation d'un organisme tiers reconnu ou fourniture d'une certification DIBt
- un engagement périodique sur la bonne maintenance de la machine
- un engagement de l'aménageur à prendre à sa charge les frais d'inspection et de réparation en cas de défaut constaté de la canalisation en cas de chute de l'éolienne, ainsi que les frais afférents en cas d'interruption de fourniture de gaz aux clients.

Dans tous les cas, les distances **devront être confirmées** par le calcul à partir des éléments demandés.

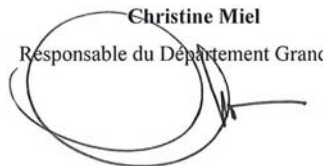
De plus, il conviendra également de vérifier avec nos services si la mise en œuvre du projet (passage de véhicules, installations de lignes électriques, etc...) est compatible avec la présence de nos ouvrages. Des calculs portant notamment sur les niveaux de contraintes induits par le passage des engins lourds sur nos ouvrages seront effectués, et selon les résultats des calculs des dispositifs de protections devront être installés durant toute la durée du chantier. L'ensemble de ces dispositifs de protection seront à la charge du Tiers.

Nous vous remercions de nous tenir informés de l'avancée du projet

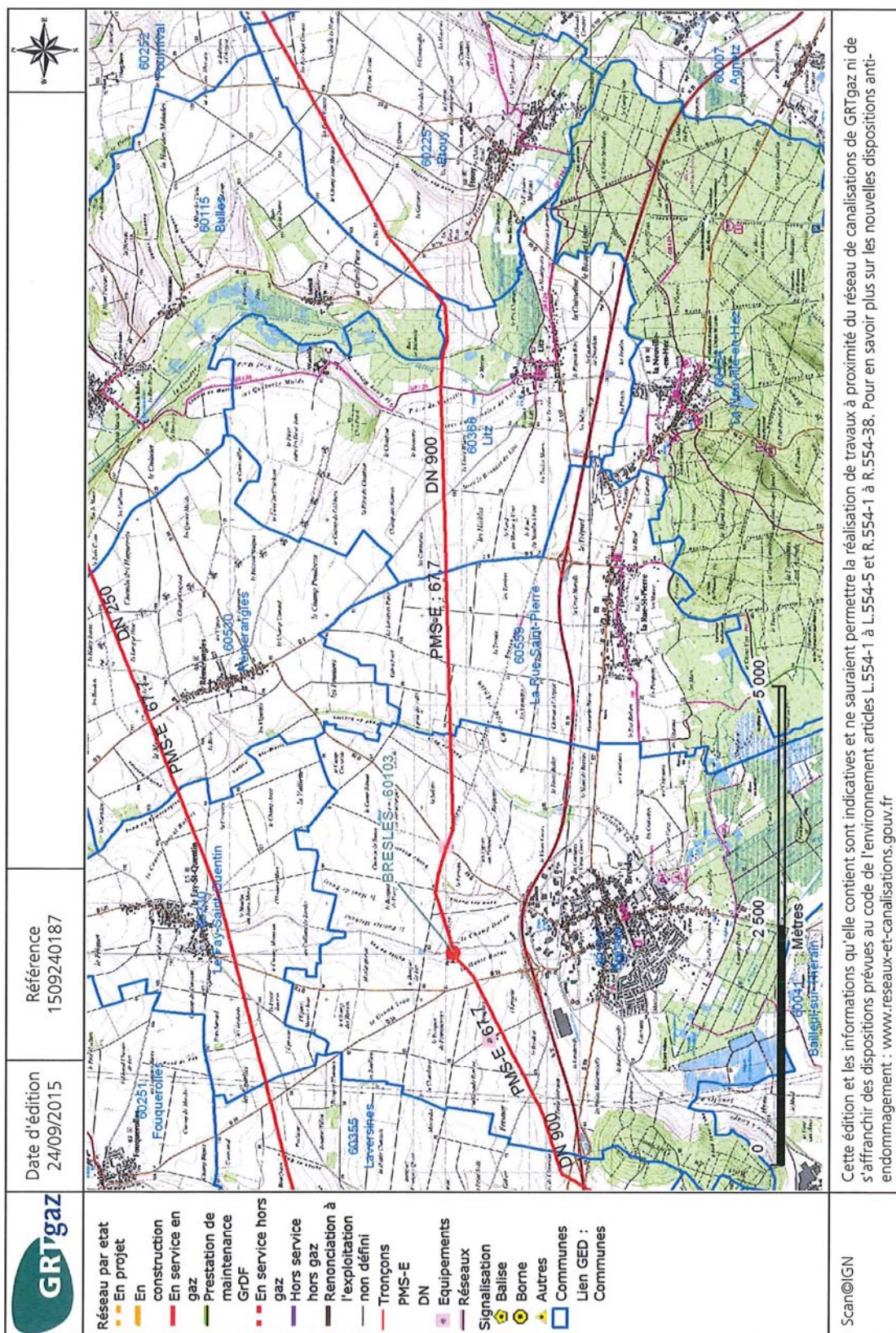
Restant à votre entière disposition pour tout renseignement complémentaire, nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos salutations distinguées.

Christine Miel

Responsable du Département Grand Ouest




P.S. La présente réponse ne concerne que les ouvrages de Transport de gaz haute pression exploités par GRTgaz, à l'exclusion des conduites de distribution de gaz de GrDF ou celles d'autres concessionnaires.



Cette édition et les informations qu'elle contient sont indicatives et ne sauraient permettre la réalisation de travaux à proximité du réseau de canalisations de GR'gaz ni de s'affranchir des dispositions prévues au code de l'environnement articles L.554-1 à L.554-5 et R.554-1 à R.554-38. Pour en savoir plus sur les nouvelles dispositions anti-endommagement : www.reseaux-et-canalizations.gouv.fr

Scan@IGN



POUR VOS DÉCLARATIONS DE PROJETS ET DE TRAVAUX

Les coordonnées de GRTgaz sont fournies lors de la consultation du site du Guichet Unique :

construire sans détruire
www.reseau-et-canalisation.gouv.fr

Document GRTgaz / Octobre 2014

GRTgaz VOUS INFORME DES RECOMMANDATIONS TECHNIQUES APPLICABLES POUR LES PROJETS D'AMÉNAGEMENTS OU DE TRAVAUX À PROXIMITÉ DES OUVRAGES DE TRANSPORT DE GAZ NATUREL

AVERTISSEMENT

Les dispositions contenues dans le présent document constituent des recommandations qui ne présentent aucun caractère exhaustif et ne remplacent en aucun cas les obligations réglementaires, techniques ou contractuelles de toute personne physique ou morale impliquée dans un projet de travaux à proximité d'un ouvrage de transport de gaz naturel.

1. INTRODUCTION

Le transport du gaz naturel à haute pression est essentiellement effectué par des canalisations en acier enroulés, recouvertes extérieurement d'un revêtement soignant des installations annexes, des points singuliers (crochage de l'axe de canalisations, des installations ou installations peut avoir des conséquences particulièrement graves sur les personnes et entraîner par ailleurs l'arrêt de l'alimentation des communes et des clients industriels desservis par ces ouvrages.

2. RAPPEL DE LA RÉGLEMENTATION RELATIVE À LA MAÎTRISE DE L'URBANISATION

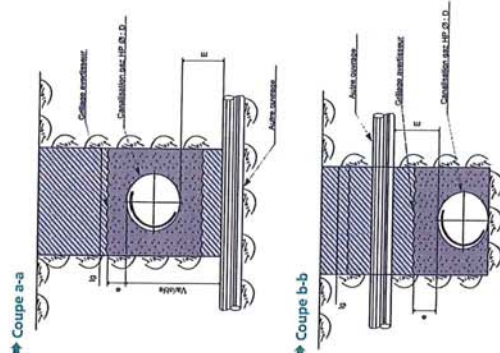
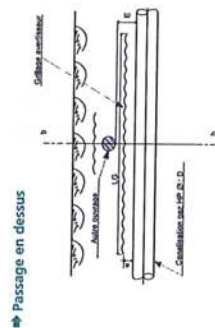
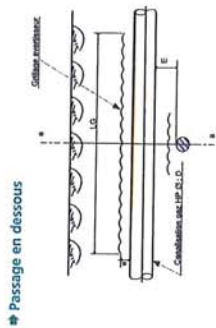
Chaque ouvrage de transport de gaz naturel est associé des Servitudes d'Utilité Publique (SUP) répondant à des zones de dangers au sein desquelles des limitations et interdictions existent en terme d'urbanisation. En particulier, des interdictions d'implantation des EPP (Établissement Recevant du Public) existent dans ces bandes de dangers.

Pour tout projet d'urbanisation ou d'aménagement, le maître d'ouvrage doit se rapprocher de GRTgaz afin de soumettre l'analyse de compatibilité de son projet d'aménagement avec le régime de transport de gaz naturel concerné. Les délais nécessaires de traitement de la demande sont à l'évaluation des ouvrages de transport de gaz naturel avec l'évolution projetée de l'urbanisation ou de l'aménagement sont à prendre en compte par le maître d'ouvrage dans la planification de son projet.

3. INFORMATION DE GRTgaz SUR LES PROJETS DE TRAVAUX ET D'AMÉNAGEMENT

Il est souhaitable, dans un but d'efficacité et parce que les impacts sur les ouvrages de transport peuvent être importants, que GRTgaz soit informé de tous les aménagements ou de travaux projetés le plus tôt possible, au premier stade de l'élaboration du projet. Toute modification apportée au projet par le maître d'ouvrage doit être communiquée à GRTgaz.

PRÉCONISATIONS À RESPECTER LORS DU CROISEMENT D'UNE CONDUITE DE TRANSPORT DE GAZ NATUREL PAR UN AUTRE OUVRAGE (CONDUITE, DRAIN, CABLE)



	Valeur minimale (m) à respecter	
E	Distance entre les génératrices de la canalisation et de l'autre ouvrage (cette distance est portée à 0,5 m mini dans le cas de câbles électriques)	0,4
e	Distance mini entre la génératrice supérieure de la canalisation et le grillage avertisseur	0,3
LG	Longueur du grillage avertisseur	Suivant l'environnement local
lg	Largeur du grillage avertisseur	D + 0,4

Pour un ouvrage à risque particulier (produit chimique, produit inflammable, produit corrosif, hydrocarbure...), cet écartement est soumis à analyse spécifique et peut être augmenté.



www.grtgaz.com

5. RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES POUR LES PROJETS DE TRAVAUX DE TIERS

Les canalisations établies en domaine privé font l'objet de conventions de servitude non affermande et non syndiqué régissant la nature des travaux pouvant y être effectués. D'une manière générale, ces conventions créent une bande de servitude de largeur variable pouvant atteindre 20 mètres ou moins de 0,4 m de hauteur et de profondeur, ainsi que la plantation d'arbres de moins de 2,7 m de haut dont les racines descendent à moins de 0,6 m de profondeur, sont autorisés. Méme provisoires, les modifications de profil du terrain, constructions, stockages ainsi que la pose de réseaux en parallèle à notre ouvrage dans la bande de servitude sont interdits. En domaine public, les plantations d'arbres doivent être réalisées conformément à la norme NF-P56-332 et soumises à l'approbation de GRIGaz.

5.1 RECOMMANDATIONS POUR LA CONCEPTION

- a) Lignes, câbles électriques ou postes de transformation de tension supérieure ou égale à 50 kV en parallèle au tracé d'un ouvrage de transport de gaz naturel.
- Une étude globale électrique prenant en compte les éléments suivants, doit être présentée à GRIGaz.
- Proximité d'installations de tension supérieure à 50 kV :
 - contrainte d'induction
 - Le projet doit respecter les réglementations, normes et règles de l'art en vigueur et plus particulièrement la norme NF-EN-50443 concernant les effets des perturbations électromagnétiques causées par les systèmes de traction électrique et/ou les réseaux électriques H.T. en courant alternatif.
 - Dans le cas de présence de lignes ou câbles électriques de tension supérieure ou égale à 50 kV en parallèle à nos ouvrages, un calcul de montée en tension par induction doit être réalisé en fonctionnement normal et en condition de défaut et soumis à GRIGaz pour approbation.
 - Ainsi, il n'est pas admis que la canalisation soit soumise à une tension alternative induite en régime permanent supérieure à 15 V (selon recommandations de la norme NF-EN-15280). La valeur limite de tension due à l'interférence en régime de défaut ne doit pas dépasser 2000 V (valeur efficace) en tout point du système de canalisation et 650 V au niveau des parties normalement accessibles, au toucher (robriets...)

- b) Mines, carrières, extraction de matériaux.
- La définition du périmètre d'exploitation de ces installations doit prendre en compte l'existence des ouvrages de transport de gaz naturel et l'influence des éventuels mouvements du sol sur les ouvrages de transport de gaz.
- Une étude géologique sur la stabilité des terrains doit être fournie à GRIGaz pour les ouvrages situés à moins de cinquante mètres du périmètre d'exploitation. Par ailleurs, une distance minimale par rapport à l'ouvrage de transport de gaz naturel est à respecter et l'ouvrage d'exploisits est soumise aux dispositions du paragraphe 5.4.
- Des dispositifs de sécurité doivent être mis en œuvre pour les mécaniques s'exerçant sur la canalisation. Peuvent être demandés par GRIGaz. La circulation des engins est traitée selon les dispositions prévues au paragraphe 5.3.
- d) Voies ferrées : trains, tramways...
 - L'implantation éventuelle de voies ferrées au-dessus d'une canalisation existante n'est pas admise sans la prise en compte des efforts mécaniques supplémentaires induits sur la canalisation. Une étude spécifique doit être fournie à GRIGaz par le maître d'ouvrage.
 - Dans le cas de voies électrifiées ou l'électrification de voies existantes, l'influence éventuelle de l'électrification sur le fonctionnement des dispositifs de protection contre la corrosion des canalisations doit être examinée conjointement.

- e) Routes, autoroutes, creusements, constructions d'ouvrages d'art et de bâtiments...
 - En complément du respect de la bande de servitude associée à ses canalisations, les ouvrages de transport de gaz naturel de GRIGaz sont soumis à des dispositions réglementaires qui associent notamment les caractéristiques mécaniques des ouvrages (nuance d'acier, épaisseur) au degré d'urbanisation et au caractère de l'environnement (domaine public national, établissement recevant du public, installations classées pour la protection de l'environnement... (voir également paragraphe 2)).
 - Le maître d'ouvrage doit se rapprocher de GRIGaz pour déterminer la compatibilité de son projet d'aménagement avec l'ouvrage concerné. Les délais nécessaires pour réaliser la mise en conformité éventuelle des ouvrages de transport de gaz naturel avec l'évolution projetée de l'urbanisation ou de l'environnement sont à prendre en compte par le maître d'ouvrage dans la planification de son projet.
 - Les frais correspondants font l'objet d'une convention préalable financière et technique entre les parties. Dans le cas de fouilles,

Tension nominale de la ligne (kV)	Distance minimale (en m) à respecter entre la canalisation et le pied de pylône pour une résistivité de sol = 1000 Ω.m	
	sans câble de garde	avec câble de garde
63	100	20
90	100	22
225	300	65
400	620	105

- f) Proximité de pylônes électriques de tension supérieure à 50 kV : contrainte de conduction
- Les distances minimales à respecter sont les suivantes :
- Si ces distances ne peuvent être respectées ou si la résistivité du sol est supérieure aux 1000 Ω.m, une étude spécifique doit être systématiquement menée et soumise à l'approbation de GRIGaz.
- g) Ligne électrique en surplomb d'installations de transport de gaz naturel de surface
- Le surplomb d'installations de transport de gaz naturel de surface est interdit. La distance minimale à respecter entre ces installations gazières et une ligne électrique est soumise à l'approbation de GRIGaz.
- h) Poste de transformation électrique de tension supérieure ou égale à 50 kV

terrassements ou sondages de profondeurs supérieures à 3 m à proximité de la canalisation, le maître d'ouvrage doit fournir une étude garantissant la stabilité du terrain.

- f) Stations services, ICP, installations à risque d'incendie, d'explosion, d'inflammation...
 - Une distance minimale est recommandée entre les installations gazières et les installations citées. Cette distance est soumise à l'approbation de GRIGaz.
 - En outre, nos ouvrages sont assujettis à 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 danger des installations classées. Le Maître d'ouvrage du projet doit tenir compte, dans son étude de dangers, de l'existence des ouvrages de transport de gaz et prévoir toute disposition afin qu'un incident ou un accident au sein de l'ICPE n'ait pas d'impact sur notre ouvrage.

- g) Eoliennes.
- La distance minimale à respecter entre nos ouvrages et une éolienne doit être supérieure ou égale à 4 fois le cumul de la hauteur du mât, augmentée de la longueur de la pale montée sur le rotor. Cette distance ne pourra être inférieure à 200 mètres. Si ces distances ne peuvent être respectées, le maître d'ouvrage devra se rapprocher de GRIGaz pour juger de la compatibilité de son projet avec les ouvrages concernés.
- h) Implantations de grue à tour ou mobile (ou autre structure présentant des risques de renversement ou de chutes de masse accrochées).
- Une distance minimale est recommandée entre les installations gazières et les installations citées. Cette distance est soumise à l'approbation de GRIGaz.

- i) Fossés - drainages.
- La profondeur minimale d'entoussissement des canalisations doit toujours être conforme à la réglementation applicable. Les travaux ne doivent pas avoir pour conséquence de modifier cette profondeur sans accord préalable de GRIGaz.
- La création de fossés au-dessus de canalisations existantes est contraire aux conventions de servitudes (voir paragraphe 5). Cette création peut néanmoins être étudiée. Le maître d'ouvrage doit se rapprocher de GRIGaz pour déterminer la compatibilité de son projet avec les canalisations concernées.
- Les plans de drainage doivent être communiqués à GRIGaz et les croisements multiples des installations de drainage avec les canalisations sont à éviter.

- 5.2 POSE DE CONDUITES, DRAINS, OU CÂBLES
- a) En parcours parallèle.

En domaine public, la distance entre les génératrices extérieures de tout nouvel ouvrage et de la canalisation existante doit être supérieure à 0,5 m.

- En cas de risque particulier (produit chimique, produit inflammable, produit corrosif, hydrocarbure...), cet écartement est soumis à analyse spécifique et peut être augmenté.
- b) Croisement.
- Le croisement d'une canalisation doit respecter les préconisations décrites en page 4.

La mise en place, au niveau de chaque croisement, d'un grillage aveugère pour signaler la présence de la canalisation est impérative. En cas de croisement d'une canalisation de transport de gaz avec un autre réseau ou drain, une distance d'au moins 0,4 m doit séparer les génératrices voisines. Cette distance est portée à 0,5 m dans le cas de réseaux électriques. Pour un ouvrage à risque particulier (produit chimique, produit inflammable, produit corrosif, hydrocarbure...), cet écartement est soumis à analyse spécifique et peut être augmenté.

En cas de croisement de la canalisation avec des câbles ou des conduites placées en fourreau, il y a lieu de s'assurer qu'un débordement suffisant du fourreau existe de part et d'autre du point de croisement.

- c) Ouvrage sous protection cathodique.
- La pose d'ouvrage sous protection cathodique à proximité d'une canalisation de transport (croisement ou parallélisme) doit faire l'objet d'une étude d'influence mutuelle soumise à l'approbation de GRIGaz.

5.3 CHARGE ET/OU CIRCULATION PROVISOIRE AU DESSUS DES CANALISATIONS

Quand un terrain où se trouve une canalisation doit être aménagé, même provisoirement, en aire de stockage, de remblai, en piste d'accès ou aire de stationnement susceptible d'être utilisée par des véhicules lourds, il convient :

- de mesurer la profondeur d'enfouissement de la canalisation suivant une des méthodes qualifiées au guide technique (voir paragraphe 4.2) par celui qui projette les travaux, en relation avec GRIGaz,
- de calculer les niveaux de contraintes induits sur la canalisation par les aménagements, le roulement et le stationnement des véhicules,
- d'installer des dispositifs de protection de la canalisation appropriés pendant toute la durée du chantier.

Les calculs de contraintes et des dispositifs de protection sont soumis à l'agrément de GRIGaz.

5.4 VIBRATIONS ET EXPLOSIONS À PROXIMITÉ DES OUVRAGES

L'utilisation d'exploisits, de vibrofonceuse ou autres techniques génératrices de vibrations (BRH, compacteur...) est soumise à l'accord préalable de GRIGaz. Dès que la zone d'influence de ce type d'opération est située à moins de 50 m d'un ouvrage de transport de gaz naturel, le maître d'œuvre devra communiquer les informations nécessaires à une prise de décision. En cas de litige, GRIGaz pourra faire appel à un expert agréé.

5.5 ACCÈS AUX OUVRAGES

L'accès aux ouvrages, installations de surface et canalisations de transport de gaz naturel, doit être maintenu libre pendant toute la durée des travaux.

6. FRAIS

Les frais entraînés par la mise en œuvre des recommandations qui précèdent, ainsi que des recommandations techniques applicables à l'exécution des travaux à proximité des ouvrages de transport de gaz naturel sont à la charge du maître d'ouvrage ou du maître d'œuvre.

De : WEIDER Anthony [<mailto:Anthony.WEIDER@compagnieduvent.com>]

Envoyé : jeudi 3 septembre 2015 12:10

À : BLG-GRT-DO-PVS-SIT

Cc : SAMSON Philippe

Objet : Projet éolien Litz – Remerangles

Importance : Haute

Destinataire principal : blg-grt-do-pvs-sit@grtgaz.com

CC : SAMSON Philippe philippe-rif.samson@grtgaz.com

Bonjour

Pour faire suite au courrier (ci-joint) de retour de consultation de vos services, et afin d'apporter les éléments permettant d'établir la convention entre nos services respectifs, voici les éléments réponse :

- Nom du signataire de la convention et sa qualité : Dominique Moniot, Directeur de Développement Eolien
- Format souhaité : dwg / dxf
- La projection Lambert : RGF 93 CC49
- Le motif de la demande : Dans le cadre du développement d'un projet éolien entre les communes de Litz et Rémérangles (60), nous souhaitons consulter le concessionnaire des canalisations de Gaz passant sur le terrain, afin de définir les implantations possibles à proximité de ces ouvrages.
- Les communes concernées : Litz et Rémérangles
- Adresse postale d'expédition :
Le Triade II
Parc d'activités Millénaire II
215, rue Samuel Morse
CS 20756
34967 MONTPELLIER CEDEX 2

Afin d'obtenir le calcul de la distance minimale de sécurité, voici les éléments demandés

(En-PJ) une carte d'implantation potentielle

Nous prévoyons pour l'heure des machines V110 de 95m de mât (et V110 de 80m de mât zone nord est du projet) / 2.2MW)

- Hauteur totale de la tour (en mètre) : 95m (ou 80)
- Longueur de pâles (en mètre) : 54m (/55m en comptant moyeu)
- Masse supérieur (nacelle + rotor) (en tonne) : 87 Tonnes (86 148 kg)
- Masse du mât supportant la charge (en tonne) : 193 Tonnes (192 200 kg)

Le mât sera en acier.

Pour une implantation entre 1 et 2 hauteur d'éolienne, vous souhaitez obtenir les éléments d'information / d'engagement suivant :

- Une certification type, d'un organisme tiers reconnu (par exemple Germanisher Lloyd) couvrant et garantissant l'intégralité de la conception de l'aérogénérateur
- Une justification des calculs de fondation d'un organisme tiers reconnu ou fournisseur d'une certification DIBt
- Un engagement périodique sur la bonne maintenance de la machine
- Un engagement de l'aménageur à prendre à sa charge les frais d'inspection et de réparation en cas de défaut constaté de la canalisation en cas de chute d'éolienne, ainsi que les frais afférents en cas d'interruption de fourniture de gaz aux clients.

Nous sommes pour l'heure en phase d'affinage pour proposer une implantation figée tenant justement compte de vos éléments d'information. Suite à ceux-ci nous ré-étudierons l'implantation la plus adaptée, et nous ne manquerons pas de vous fournir ces éléments d'informations pour obtenir votre avis définitif selon l'implantation affinée.

NB : Il est à noter que chaque fondation d'éolienne fait l'objet d'un dimensionnement vérifié et validé par un bureau de contrôle technique. La mission du bureau de contrôle (mission L) va jusqu'à la vérification in situ de la bonne application des plans de réalisation. Ces contrôles sont obligatoires depuis 2008 pour des éoliennes supérieures à 12m, mais chez LCV, nous réalisons ces contrôles depuis nos premières éoliennes (1991).

Espérant que ces éléments vous permettent de réaliser l'étude d'implantation de nos éoliennes à proximité de vos ouvrages.

Veuillez recevoir, Monsieur, nos sincères salutations.

Dans l'attente de vous lire.

Bien cordialement

Anthony WEIDER

Chef de Projet Eolien

Direction du Développement Eolien



Le Triade II

Parc d'activités Millénaire II

215, rue Samuel Morse

CS 20756

34967 MONTPELLIER CEDEX 2

Tel: 04 99 52 64 70

Mobile : 06 31 22 21 18

Fax : +33(0)4 99 52 64 71

<http://www.compagnieduvent.com>

anthony.weider@compagnieduvent.com

De : SAMSON Philippe [<mailto:philippe-rif.samson@grtgaz.com>]

Envoyé : jeudi 3 septembre 2015 13:36

À : WEIDER Anthony

Objet : RE: Projet éolien Litz - Remerangles

Bonjour Monsieur Weider,

Voici quelles sont nos conclusions quant aux distances minimales d'implantation des éoliennes en tenant compte des éléments que vous nous avez transmis :

Pour les machines V110 avec un mat de 95 mètres :

La distance minimale à partir de laquelle nous n'aurions aucune observation est de 178 mètres.

La distance minimale à partir de laquelle il sera nécessaire de fournir les garanties évoquées est de 151 mètres.

En dessous de 151 mètres, l'implantation de ce type d'éolienne n'est pas autorisée.

Pour les machines V110 avec un mat de 80 mètres :

La distance minimale à partir de laquelle nous n'aurions aucune observation est de 161 mètres.

La distance minimale à partir de laquelle il sera nécessaire de fournir les garanties évoquées est de 136 mètres.

En dessous de 136 mètres, l'implantation de ce type d'éolienne n'est pas autorisée.

Je reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Cordialement,

Philippe

Technicien

Travaux

Tiers

SAMSON

Senior

Pôle Exploitation Val de Seine - Service Maintenance Données Travaux Tiers

Equipe Travaux Tiers



2, rue
92238 Gennevilliers
Tél. : 01.40.85.20.07

Pierre

Timbaud
Cedex

philippe-rif.samson@grtgaz.com

www.grtgaz.com