

PROJET DE PARC EOLIEN DE LA VALLÉE DE BOVES (60)

Dossier autoportant – compléments au DAE déposé en 2018
Cahier n°4B - Etude de dangers

Commune de Rotangy



Rapport final V2

Dossier 17030058
Mars 2022



Audecicé environnement
Parc d'activité Le Long Buisson
380 rue Clément Ader
27930 Le Viel-Evreux
02 32 32 53 28



PROJET DE PARC EOLIEN DE LA VALLÉE DE BOVES (60)

Dossier autoportant – compléments au DAE déposé en 2018

Cahier n°4B - Etude de dangers

Commune de Rotangy

Version	Date	Description
V1	Novembre 2018	Etude de dangers
V2	Mars 2022	Etude de dangers actualisée en réponse à la demande de compléments

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE 1. PRÉAMBULE.....	5
1.1 Objectif de l'étude de dangers.....	6
1.2 Contexte législatif et réglementaire.....	6
1.3 Nomenclature des installations classées.....	7
1.4 Document de référence, guide technique INERIS/SER FEE.....	7
CHAPITRE 2. INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION.....	9
2.1 Renseignements administratifs.....	10
2.2 Localisation du site.....	10
2.3 Définition de l'aire d'étude.....	10
CHAPITRE 3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	13
3.1 Environnement humain.....	14
3.1.1 Zones urbanisées.....	14
3.1.2 Etablissements recevant du public (ERP).....	14
3.1.3 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base.....	14
3.1.4 Autres activités.....	14
3.2 Environnement naturel.....	16
3.2.1 Contexte climatique.....	16
3.2.2 Risques naturels.....	17
3.3 Environnement matériel.....	18
3.3.1 Voies de communication.....	18
3.3.2 Réseaux publics et privés.....	18
3.3.3 Autres ouvrages publics.....	18
3.4 Cartographie de synthèse.....	19
3.4.1 Méthodologie de comptage.....	19
3.4.2 Hypothèses de travail.....	19
CHAPITRE 4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION.....	21
4.1 Caractéristiques de l'installation.....	22
4.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien.....	22
4.1.1.1 Eléments constitutifs d'un aérogénérateur.....	22
4.1.1.2 Emprise au sol.....	22
4.1.1.3 Chemins d'accès.....	23
4.1.2 Activité de l'installation.....	23
4.1.3 Composition de l'installation.....	23
4.2 Fonctionnement de l'installation.....	25
4.2.1 Principe général du fonctionnement d'un aérogénérateur.....	25
4.2.2 Découpage fonctionnel de l'installation.....	26
4.2.3 Caractéristiques techniques.....	29
4.2.4 Sécurité de l'installation.....	29
4.2.4.1 Conformité aux prescriptions générales.....	29
4.2.4.2 Certificats des éoliennes.....	29
4.2.4.3 Organisation des moyens de secours.....	30
4.2.4.4 Organisation en cas de perte du réseau électrique.....	30
4.2.4.5 Perte du réseau de télécommunication.....	30
4.2.5 Opérations de maintenance de l'installation.....	31
4.2.5.1 Dispositions générales.....	31
4.2.5.2 Contrôle avant mise en service.....	31
4.2.5.3 Conduite du système.....	31
4.2.5.4 Formation des personnels.....	31
4.2.5.5 Entretien préventif du matériel.....	31
4.2.5.6 Contrôles réglementaires périodiques.....	33
4.2.5.7 Maintenance curative.....	33
4.2.5.8 Prise en compte du retour d'expérience.....	33
4.2.6 Stockage et flux de produits dangereux.....	34
4.3 Fonctionnement des réseaux de l'installation.....	34
4.3.1 Raccordement électrique habituel d'un parc éolien.....	34
4.3.1.1 Réseau inter-éolien.....	34
4.3.1.2 Poste de livraison.....	35
4.3.1.3 Réseau électrique externe.....	35
4.3.2 Raccordement électrique du parc.....	35
4.3.3 Autres réseaux.....	35
CHAPITRE 5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION.....	37
5.1 Potentiels de dangers liés aux produits.....	38
5.1.1 Inventaire des produits.....	38
5.1.2 Dangers des produits.....	38
5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	39
5.3 Réduction des potentiels de dangers à la source.....	39
5.3.1 Réduction des dangers liés aux produits.....	39
5.3.2 Substitution des équipements.....	39
5.3.3 Réduction des dangers liés aux installations.....	40
5.3.4 Utilisation des meilleures techniques disponibles.....	40
CHAPITRE 6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE.....	41
6.1 Inventaire des accidents et incidents en France.....	42
6.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international.....	43
6.3 Inventaire des accidents majeurs sur les sites de l'exploitant.....	44
6.4 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience.....	44
6.4.1 Analyse de l'évolution des accidents en France.....	44
6.4.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents.....	44
6.4.3 Limites d'utilisation de l'accidentologie.....	44
CHAPITRE 7. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES.....	45
7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques.....	46
7.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	46

7.3 Recensement des agressions externes potentielles.....	46
7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines.....	46
7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	47
7.4 Scénarios étudiés dans l’analyse préliminaire des risques.....	47
7.5 Effets dominos.....	49
7.6 Mise en place des mesures de sécurité.....	50
7.7 Conclusion de l’analyse préliminaire des risques.....	57
CHAPITRE 8. ETUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES.....	59
8.1 Rappel des définitions.....	60
8.1.1 Cinétique.....	60
8.1.2 Intensité.....	60
8.1.3 Gravité.....	61
8.1.4 Probabilité.....	61
8.1.5 Acceptabilité.....	62
8.2 Sélection de l’éolienne la plus impactante.....	63
8.3 Caractérisation des scénarios retenus.....	64
8.3.1 Effondrement de l’éolienne.....	64
8.3.2 Chute de glace.....	66
8.3.3 Chute d’éléments de l’éolienne.....	68
8.3.4 Projection de pales ou de fragments de pales.....	70
8.3.5 Projection de glace.....	73
8.4 Synthèse de l’étude détaillée des risques.....	75
8.4.1 Tableau de synthèse des scénarios étudiés.....	75
8.4.2 Synthèse de l’acceptabilité des risques.....	75
8.4.3 Cartographie des risques.....	76
CHAPITRE 9. CONCLUSION.....	83
ANNEXES.....	85
Annexe 1 : Bibliographie.....	86
Annexe 2 : Certificat de conformité VESTAS.....	87
Annexe 3 : Analyse de conformité à l’arrêté du 26 août 2011 modifié.....	94
Annexe 4 : Annexes au guide technique INERIS et compléments à l'accidentologie.....	96

LISTE DES CARTES

Carte 1. Localisation du projet.....	11
Carte 2. Distance du projet aux habitations.....	15
Carte 3. Carte des enjeux.....	20
Carte 4. Carte des risques : E1.....	77
Carte 5. Carte des risques : E2.....	78
Carte 6. Carte des risques : E3.....	79
Carte 7. Carte des risques : E4.....	80
Carte 8. Carte des risques : E5.....	81

CHAPITRE 1. PRÉAMBULE

1.1 Objectif de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société de projets SAS Vallée de Boves pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de la Vallée de Boves, dans la commune de Rotangy (60), autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du parc éolien de la Vallée de Boves. 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 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.

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 scénarios d'accident majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1.

En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est conforme à la méthodologie habituelle :

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

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

1.3 Nomenclature des installations classées

Un parc éolien est classé au titre de la loi relative aux Installations classées pour la protection de l'environnement¹.

Le décret n° 2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées inscrit les éoliennes terrestres au régime des Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) par la rubrique suivante :

Rubrique	Libellé de l'installation	Classement	Rayon d'affichage
2980	Installation terrestre de production à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :	A : Autorisation	6 km
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m		
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :	A : Autorisation	6 km
	a) supérieure ou égale à 20 MW		
	b) inférieure à 20 MW	D : Déclaration	-

Tableau 1: Rubrique des installations classées au titre des ICPE

Le parc éolien de la Vallée de Boves est soumis 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 environnementale.

1 Loi N°76-663 du 19 juillet 1976 modifiée, Code de l'environnement (Art. L511-1)

1.4 Document de référence, guide technique INERIS/SER FEE

Cette étude se base sur le guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » version de mai 2012, qui a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS et de professionnels du Syndicat des énergies renouvelables. Dans la suite de l'étude, ce guide sera appelé « guide technique ».

« Il s'agit d'un document de type nouveau dans son approche, qui a pour vocation d'accompagner les différents acteurs de l'éolien (porteurs de projets, exploitants, services de l'Etat, associations, etc.) dans la démarche d'évaluation des risques potentiels liés à un parc éolien. Compte tenu de la technologie mise en œuvre dans les parcs éoliens, il apparaissait possible et souhaitable de traiter cette analyse de manière générique, afin de pouvoir transcrire les résultats présentés dans ce guide à l'ensemble des parcs éoliens installés en France.

Ainsi, ce guide est le reflet de l'état de l'art en matière de maîtrise des risques technologiques pour les parcs éoliens, en l'état actuel des connaissances des experts ayant participé à son élaboration. Si d'autres techniques ou méthodes apparaissent à l'avenir, elles seraient étudiées en détail et intégrées à l'analyse menée dans ce guide. »

Ainsi dans le cadre de cette étude, de nombreux paragraphes génériques ont été repris directement du guide.

CHAPITRE 2. INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1 Renseignements administratifs

Société projet, exploitante du parc éolien	SAS Vallée de Boves
Statut juridique	SAS
Capital	5 000 €
Code APE	3511Z
N° SIRET (siège)	833 690 415 00017
Adresse	1-5 rue Jean Monnet 94130 NOGENT-SUR-MARNE
Nom et qualité du signataire de la demande	Jean-Claude BOURRELIER, Président
Nom et coordonnées du responsable de projets référent	Florian CHOQUET Tel: 07 61 08 90 36 mail: florian.choquet@nouvergies.com

Tableau 2: Identité du demandeur

Société de projet / Maître d'ouvrage : **SAS Vallée de Boves**, filiale de Nouvergies

Maître d'œuvre : **Nouvergies**, 1-5 rue Jean Monnet - 94130 NOGENT-SUR-MARNE

Etude de dangers réalisée par le bureau d'études Auddicé environnement,

Nathalie MASSELIN : Ingénieur environnement	Auddicé environnement Seine Normandie 380 rue Clément Ader
Jean-Marie PLESSIS : Cartographe SIG	Parc d'activités Le Long Buisson 27 930 Le Vieil-Evreux Tél : 02 32 32 53 28

2.2 Localisation du site

Le parc éolien de la Vallée de Boves, composé de 5 aérogénérateurs et 1 poste de livraison, est localisé sur la commune de Rotangy dans le département de l'Oise (60), en région Hauts-de-France.

Cf. Carte : Localisation du projet, p.11

2.3 Définition de l'aire d'étude

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

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

La zone d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison, qui sera néanmoins représenté sur la carte. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant les affecter (*Cf. § 7.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques, p.57*).

L'aire d'étude (périmètre de 500 m de rayon autour des éoliennes) du parc se situe sur les communes suivantes :

- Rotangy ;
- Blicourt ;
- Luchy.

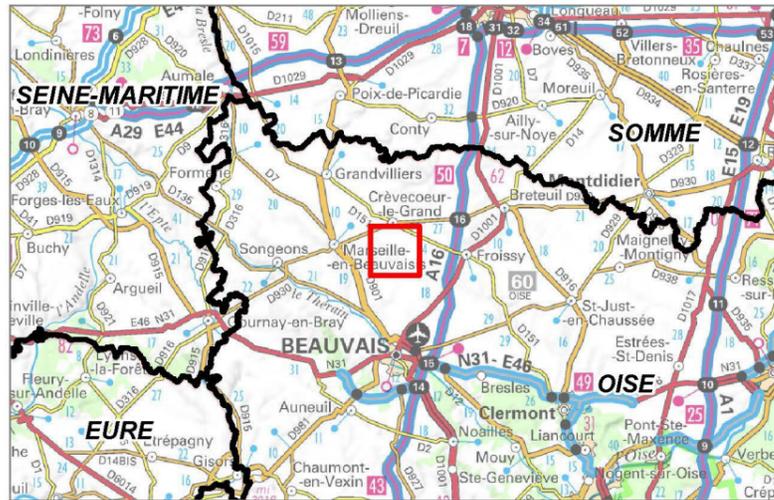
Cf. Carte : Localisation du projet, p.11

NOUVERGIES

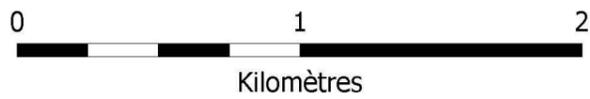
Projet de parc éolien de la Vallée de Boves

Étude de dangers

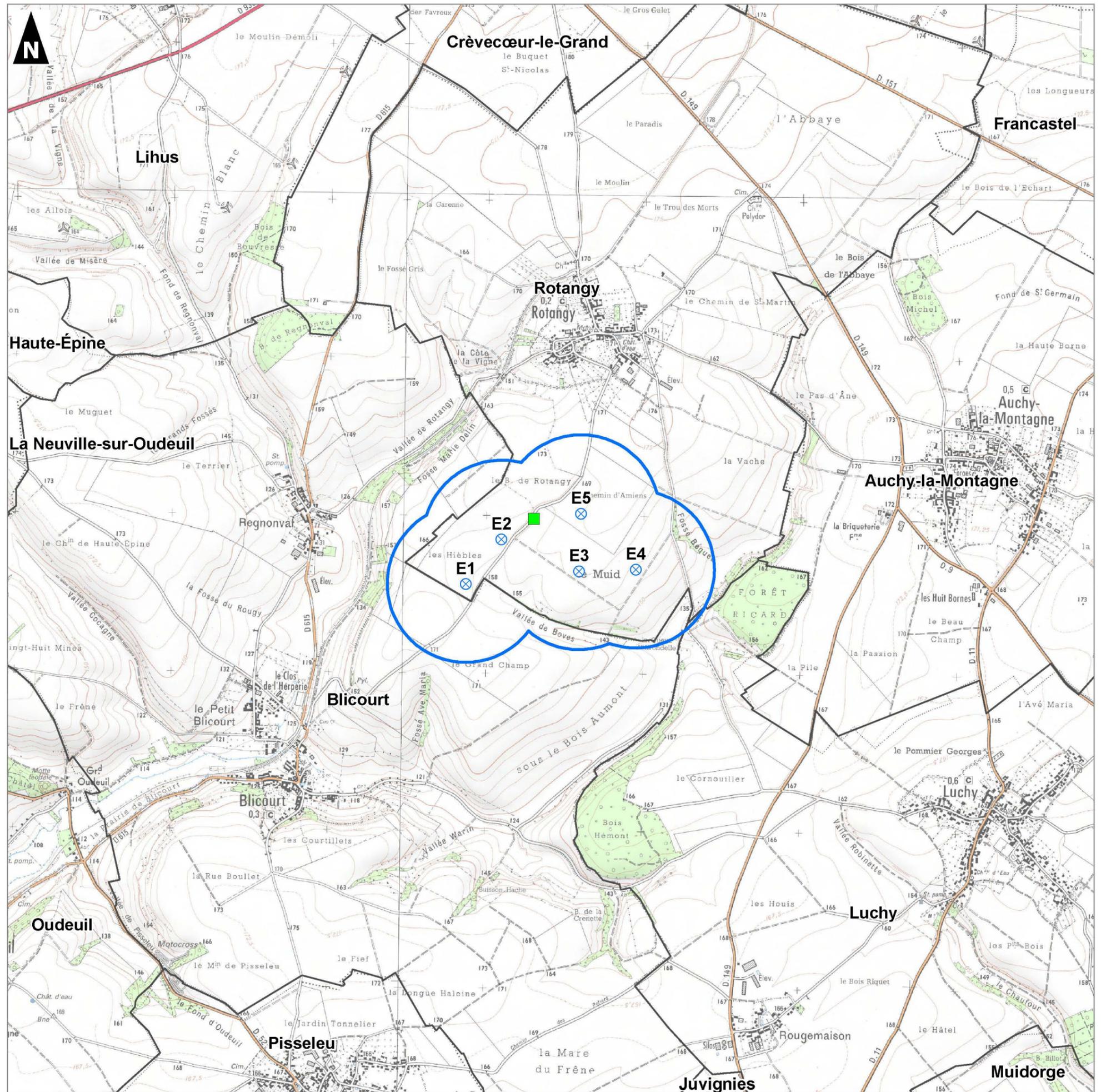
Carte de localisation



- Eolienne en projet
- Poste de livraison
- Aire d'étude (500 m)
- Limite communale
- Limite départementale



1:25 000
(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)



CHAPITRE 3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

3.1 Environnement humain

3.1.1 Zones urbanisées

La description du milieu humain à proximité (communes, nombre d'habitants, etc.) est réalisée dans l'état initial de l'étude d'impact.

De même, l'analyse de la conformité du projet avec le document d'urbanisme a également été réalisée dans l'étude d'impact.

Le projet est en accord avec les documents d'urbanisme des communes de Rotangy, Blicourt et Luchy.

Cf. Dossier 4- Etude d'impact sur l'environnement

Les habitations les plus proches des éoliennes sont situées sur les communes de Rotangy et Blicourt. Il s'agit des habitations et hameaux suivants :

- Les habitations du sud du bourg de Rotangy, à l'ouest et à l'est, sont situées respectivement à 915 et 985 m au nord de E5 ;
- Les habitations de la partie sud-est du hameau de Regnonval, sur la commune de Blicourt, sont situées à 920 m à l'ouest de E1.

Toutes les autres habitations à proximité du projet sont distantes de plus de 1 000 m des éoliennes.

Cf. Carte : Distance du projet aux habitations, p.15

Le parc éolien se situe en zone agricole. Les mâts d'éoliennes sont situés à au moins 915 m de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité, ainsi que de toute zone constructible.

Conformément à l'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011, l'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs soit situés à une distance minimale de 500 m de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur.

3.1.2 Etablissements recevant du public (ERP)

Aucun ERP n'est situé dans l'aire d'étude.

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

Aucun établissement SEVESO ni aucun périmètre d'effet, ni aucune Installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) ne se situe dans l'aire d'étude de 500 m autour des éoliennes.

3.1.4 Autres activités

L'aire d'étude est principalement occupée par des parcelles agricoles qui ne sont pas aménagées pour l'accueil du public. On retiendra toutefois l'hypothèse de quelques promeneurs occasionnels.

On note également la présence de quelques boisements épars dans l'aire d'étude des 500 m, qui ne sont pas non plus aménagés pour l'accueil du public. Comme pour les parcelles agricoles, on retiendra l'hypothèse de quelques promeneurs occasionnels.

Le chemin de randonnée (voie verte - véloroute) qui passe à l'ouest du projet se situe quant à lui au-delà de l'aire d'étude de 500 m.

Aucune autre activité (industrielle, commerciale ou de loisirs) n'est présente dans l'aire d'étude de 500 m.

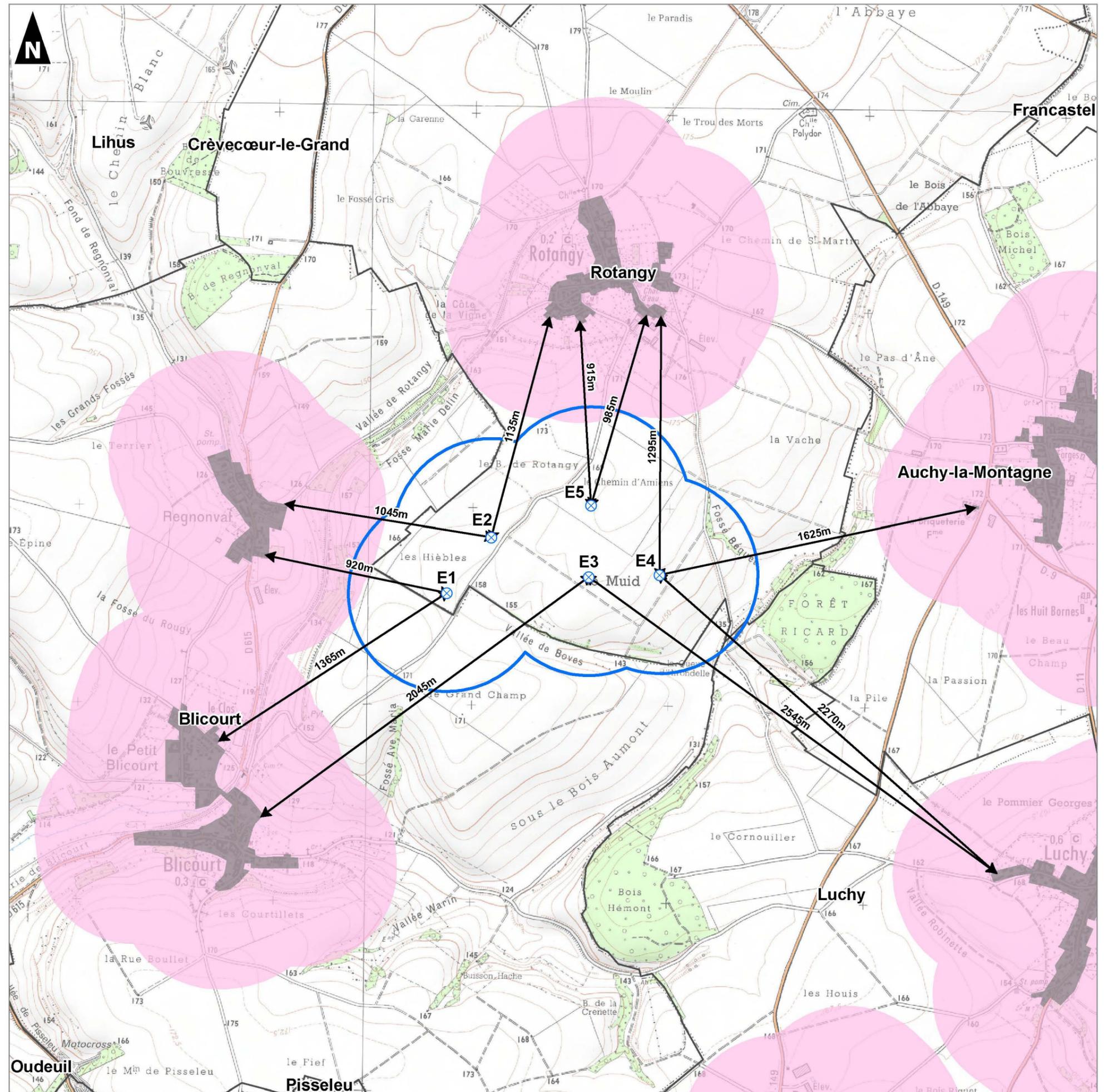
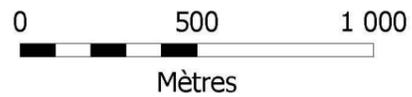
NOUVERGIES

Projet de parc éolien de la Vallée de Boves

Demande d'Autorisation Environnementale

Distance du projet aux habitations

-  Eolienne en projet
-  Aire d'étude (500 m)
-  Limite communale
-  Distance (en m)
-  Zone habitée et/ou à vocation d'habitat
-  Zones défavorables par rapport aux zones habitées et/ou à vocation d'habitat les plus proches (500 m)



3.2 Environnement naturel

Les paragraphes ci-dessous sont étudiés dans l'état initial de l'étude d'impact. Nous en reprenons les principales conclusions.

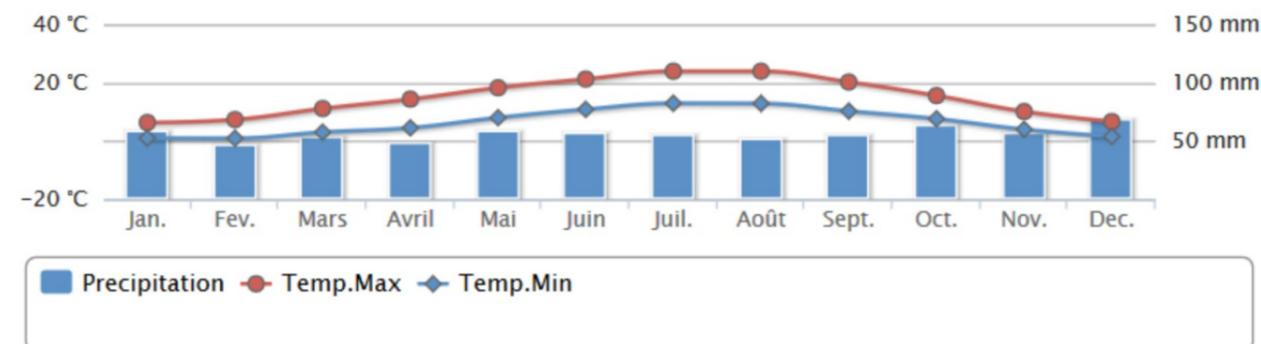
3.2.1 Contexte climatique

L'empreinte climatique du secteur est caractérisée par les principaux traits des climats tempérés océaniques dont l'influence maritime se manifeste dans l'intérieur des terres :

- Un climat doux (température constante et douce) et humide (ciel changeant et nuageux) ;
- Des étés tempérés par la brise marine ;
- Des hivers modérément froids.

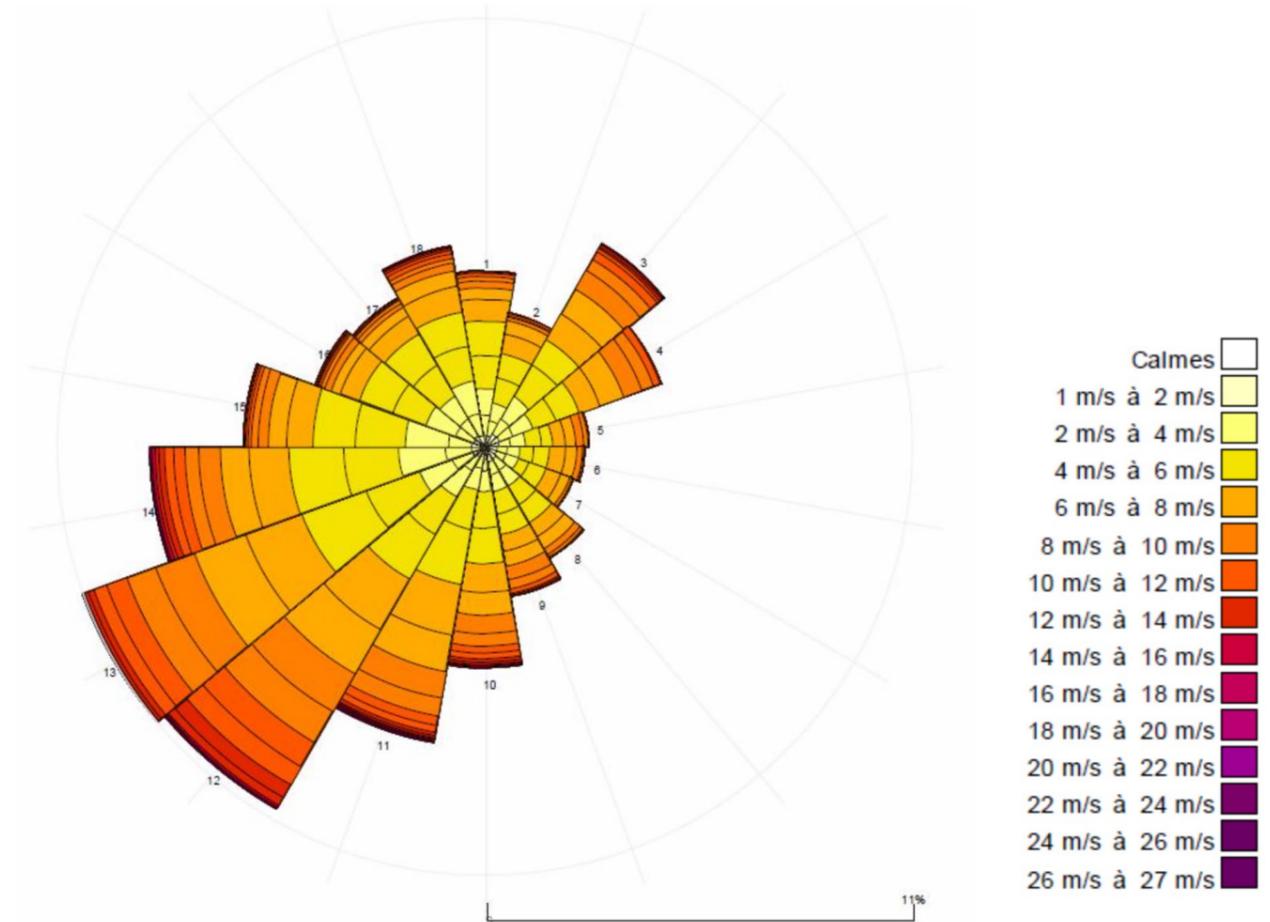
La station météorologique de Beauvais-Tillé (60) située à 11 km au sud du projet, à 90 m d'altitude, indique pour la période 1981-2010, les relevés suivants :

- Une pluviométrie annuelle moyenne de 669,4 mm répartis sur 116,9 jours par an ;
- Une température moyenne de 10,7 °C ; le mois de janvier est le plus froid avec 3,6°C, tandis que les mois de juillet et août sont les plus chauds avec respectivement 18,4 et 18,3 °C.



- 6,4 jours de gel en moyenne par an au cours desquels la température moyenne maximale < 0°C ;
- 55,1 jours de gel en moyenne par an au cours desquels la température moyenne minimale < 0°C ;

- Une vitesse du vent moyennée de 6,35 m/s à 80 m,
- 52,8 jours par an avec des rafales de vent de vitesse supérieure à 16 m/s (57 km/h) et 1,5 jour avec des rafales de vent de vitesse supérieure à 28 m/s (101 km/h).



- Phénomènes climatiques :
 - Brouillard : 47,4 jours/an
 - Grêle : 1,4 jours /an
 - Neige : 14,3 jours/an

3.2.2 Risques naturels

■ Risque sismique

En vertu de l'article D. 563-8-1 du Code de l'environnement, la commune du parc éolien, Rotangy, est classée en zone de sismicité 1 (très faible).

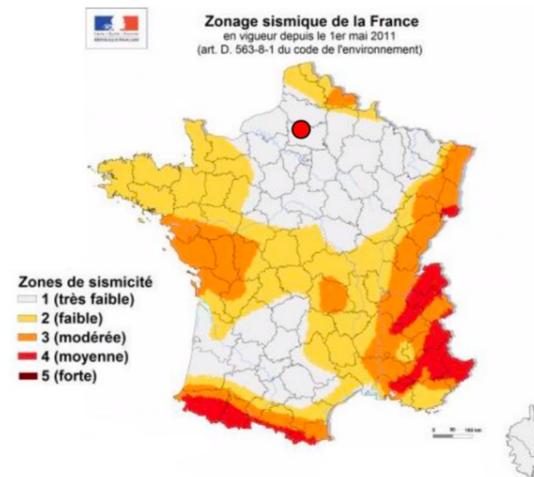


Illustration 3: Zonage sismique de la France

(Point rouge : localisation du projet)
 (Source : Etude d'impact sur l'environnement)

■ Risque foudre

La densité de foudroiement dans les communes du département de l'Oise se situe entre 0,3 et 0,5 coup/km²/an (moyenne nationale : 1,2). La hauteur des éoliennes (pale + mât) augmente considérablement le risque de foudroiement.

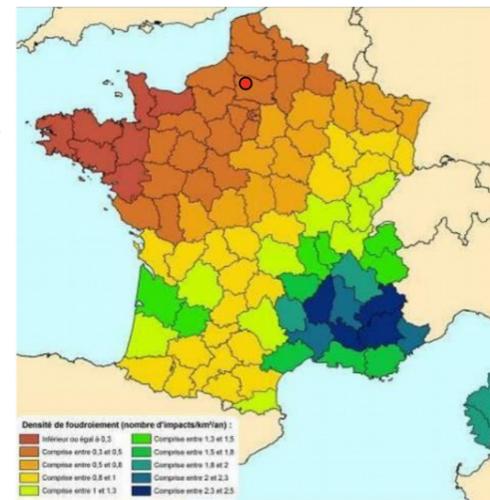


Illustration 4: Densité de foudroiement

(Point rouge : localisation du projet)
 (Source : Etude d'impact sur l'environnement)

■ Risque feu de forêt

Il n'y a pas de grand massif forestier à proximité du projet ni de proximité immédiate de boisements avec les futures éoliennes. La sensibilité au risque de feu de forêt est donc considérée comme faible.

■ Risques tempête

On parle de tempête lorsque les vents moyens dépassent 89 km/h durant 10 mn (soit 48 nœuds, degré 10 de l'échelle de Beaufort). Les rafales peuvent atteindre 130 à 140 km/h.

Toutes les communes de l'aire d'étude sont concernées par l'arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle suite à la tempête de 1999. Cependant, le département de l'Oise n'est pas considéré classiquement comme frappé par ce type de phénomène. Le risque est considéré comme faible.

La station de Beauvais compte quant à elle 52,8 jours au cours avec des rafales de vents d'une vitesse supérieure à 57 km/h et 1,5 jour avec des rafales de vents d'une vitesse supérieure à 101 km/h (Cf. page précédente).

■ Risques géotechniques et mouvements de terrain

• Mouvements de terrain

Aucun mouvement de terrain n'est recensé à Rotangy ni dans l'aire d'étude de 500 m autour du projet.

• Cavités

Aucune cavité n'est recensée au niveau du projet ni à proximité.

• Aléa « Retrait gonflement des argiles »

D'après le site Internet du BRGM, les terrains concernés par le projet se trouvent en aléa d'a priori nul à faible.

Les essais géotechniques viendront confirmer l'absence de risque dans le cadre du dimensionnement des fondations.

■ Risque inondation

L'emprise du projet présente une sensibilité moyenne au risque « inondation par remontée de nappe ».

■ Arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle

Le tableau suivant présente la liste des arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle pour la commune d'implantation des éoliennes, Rotangy :

Événement recensé	Début de l'événement	Fin de l'événement
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999

Tableau 3: Arrêtés de catastrophes naturelles sur la commune de Rotangy

(Source : Etude d'impact sur l'environnement)

Une seule catastrophe naturelle a été constatée par arrêté sur la commune de Rotangy, lors de l'épisode de tempête qui a touché la plupart des régions françaises en 1999.

3.3 Environnement matériel

3.3.1 Voies de communication

■ Transport routier

Seules deux voies communales (VC) empruntent l'aire d'étude, ainsi que quelques chemins d'exploitation agricole.

Tous les axes apparaissent sur les cartes d'enjeux et de risques présentées dans cette étude.

Aucune donnée n'est disponible concernant le trafic sur ces axes, mais l'hypothèse retenue, compte-tenu de la nature des infrastructures, est celle d'une fréquentation inférieure à 2 000 véhicules/jour.

■ Transport ferroviaire

L'aire d'étude du projet éolien de la Vallée de Boves n'est concernée par aucune voie ferrée.

■ Transport fluvial

L'aire d'étude du projet éolien de la Vallée de Boves n'est concernée par aucune voie navigable.

■ Transport aérien

La Direction générale de l'Aviation civile (DGAC) émet un avis favorable au projet.

La sous-direction régionale de la circulation aérienne militaire Nord (SDRCAM Nord) de l'Armée de l'Air a été consultée en date du 4 juin 2018. Le courrier en réponse sur d'éventuelles prescriptions locales pour les éoliennes envisagées dans le cadre du projet n'est pas encore parvenu au moment du dépôt du présent dossier. Une étude spécifique sur les contraintes de l'espace aérien, réalisée par un consultant spécialisé, indique que pour la Défense, aucune contrainte n'a été recensée.

Cf. Dossier 3 – Etude d'impact sur l'environnement

■ Randonnées pédestres

Aucun chemin de randonnée n'est recensé dans l'aire d'étude. La voie verte – véloroute, qui passe à l'ouest du projet, est distante au plus près d'environ 630 m de l'éolienne E1.

Cf. Carte des enjeux, p.20

3.3.2 Réseaux publics et privés

On recense dans l'aire d'étude un réseau électrique enterré qui passe selon un axe globalement nord-sud à l'est du parc éolien. Ce réseau appartient au parc éolien La Chaussée Brunehaut III, dont les éoliennes sont localisées au sud du projet, en dehors de l'aire d'étude. Le réseau enterré passe au plus près à environ 150 m à l'est de E8.

Aucun autre réseau n'est connu dans ce secteur.

3.3.3 Autres ouvrages publics

Aucun autre ouvrage public (barrages, digues, château d'eau, bassin de rétention) n'est présent sur la zone d'étude.

3.4 Cartographie de synthèse

3.4.1 Méthodologie de comptage

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

Cf. Annexe 4 : Annexe 1A du guide technique, méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

Ainsi, pour chaque phénomène dangereux identifié, nous comptabiliserons l'ensemble des personnes présentes dans la zone d'effet correspondante.

Dans chaque zone couverte par les effets d'un phénomène dangereux issu de l'analyse de risques, nous identifierons les ensembles homogènes (ERP, zones habitées, zones industrielles, commerces, voies de circulation, terrains non bâtis...) et nous en déterminerons la surface (pour les terrains non bâtis, les zones d'habitat) et/ou la longueur (pour les voies de circulation et chemins de randonnée).

3.4.2 Hypothèses de travail

- **Concernant les zones agricoles**, elles sont constituées d'éléments disparates : champs, voies de circulation non structurantes (chemins d'exploitation, voies communales faiblement fréquentées)...

Selon la circulaire :

- Un champ est classé terrain non aménagé et très peu fréquenté. Compter 1 personne par tranche de 100 ha.
- Les voies de circulation non structurantes sont classées en terrains aménagés mais peu fréquentés. Compter 1 personne par tranche de 10 ha.

Pour simplifier l'analyse, nous ne différencierons pas les différents éléments et nous classerons donc les zones agricoles en terrains aménagés mais peu fréquentés (catégorie la plus majorante quant aux victimes potentielles), donc 1 personne par tranche de 10 ha.

- **Concernant les boisements**, ils n'ont pas vocation de loisirs et ne sont pas aménagés en tant que tels. Comme les zones agricoles, nous les classerons donc en terrains aménagés mais peu fréquentés.
- **Pour les voies de communication**, conformément au guide technique, elles n'ont à être prises en considération que si elles sont empruntées par un nombre significatif de personnes, les voies de circulation non structurantes (inférieures à 2 000 véhicules/jour) étant déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés. Aucune voie structurante n'emprunte l'aire d'étude.

Toutes les hypothèses sont majorantes vis-à-vis du comptage du nombre de victimes potentielles.

Les différents enjeux identifiés précédemment apparaissent sur la carte des enjeux présentée page ci-contre. Le détail des calculs pour l'aire d'étude de 500 m figure quant à lui dans le Tableau 29, p.71.

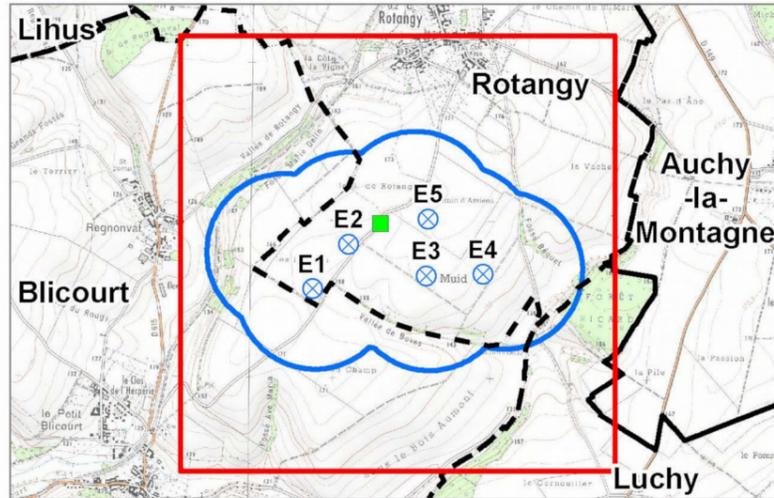
Cf. Carte des enjeux, p.20

NOUVERGIES

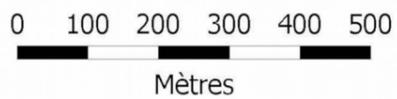
Projet de parc éolien de la Vallée de Boves

Étude de dangers

Carte des enjeux

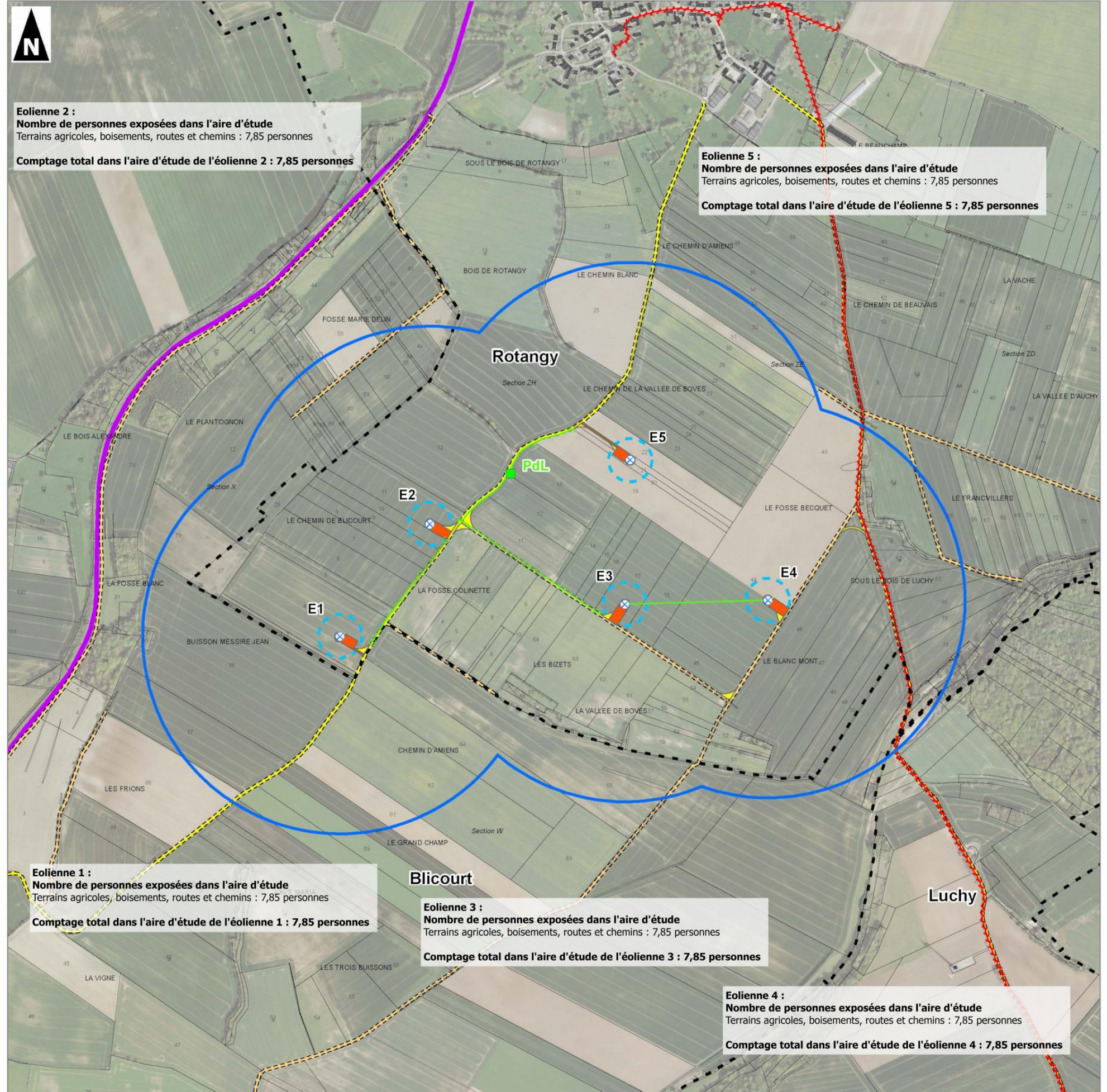


- | | | |
|-------|---|-------------------------------|
| ⊗ | Eolienne en projet | Enjeux |
| □ | Aire d'étude (500 m) | Zones urbanisées |
| — | Raccordement électrique inter-éoliennes | ■ Bâti dur |
| ■ | Poste de livraison | ■ Bâti léger |
| □ | Aire de survol (R=55m) | Axes de circulation |
| ■ | Massif béton | — Voie communale |
| ■ | Plateforme | — Chemin |
| ■ | Pan coupé temporaire | Chemins de randonnées |
| ■ | Chemin d'accès (5m/4,5m) | — Véloroute |
| — | Limite cadastrale | — voie verte |
| - - - | Limite communale | Réseaux |
| | | — Réseau électrique enterré |
| | | — "La Chaussée Brunehaut III" |



1:10 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)



CHAPITRE 4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

4.1 Caractéristiques de l'installation

4.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (Cf. § 4.2 Fonctionnement de l'installation) :

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

4.1.1.1 Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor** qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- **Le mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.

– **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :

- le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
- le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
- le système de freinage mécanique ;
- le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
- les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
- le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

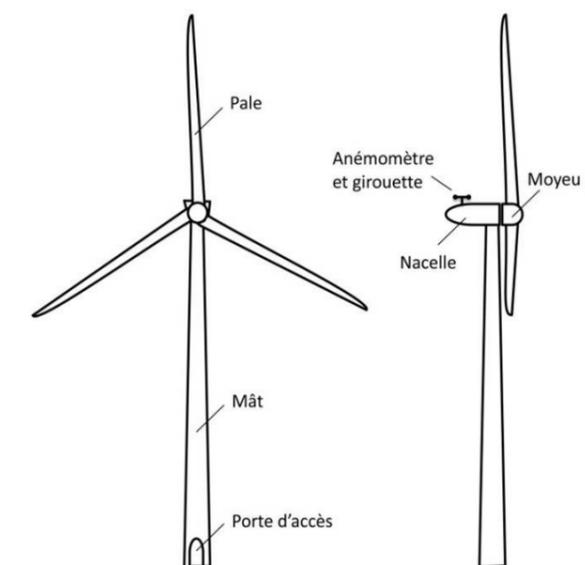


Illustration 5: Schéma simplifié d'un aérogénérateur

4.1.1.2 Emprise au sol

Plusieurs emprises au sol sont nécessaires pour la construction et l'exploitation d'un parc éolien :

- **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.

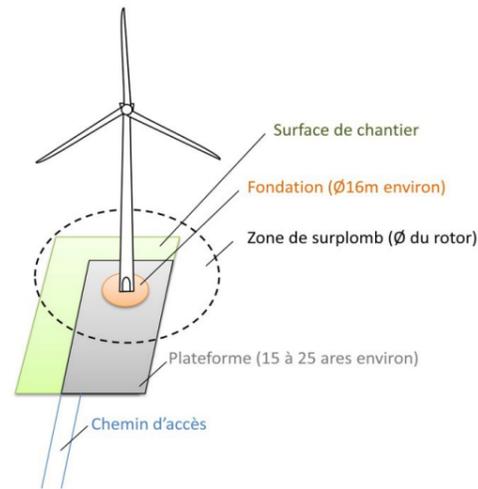


Illustration 6: Illustration des emprises au sol d'une éolienne

4.1.1.3 Chemins d'accès

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de construction du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc éolien :

- L'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins d'exploitation existants ;
- Si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés.

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

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

4.1.2 Activité de l'installation

L'activité du parc éolien de la Vallée de Boves est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent. Conformément au § 1.3 Nomenclature des installations classées, p.7, cette installation est soumise à la rubrique 2980 des Installations classées pour la protection de l'environnement.

4.1.3 Composition de l'installation

Le parc éolien de la Vallée de Boves est composé de cinq aérogénérateurs et d'un poste de livraison.

Le projet, à ce stade d'avancement, n'a pas encore arrêté le modèle d'éolienne. Le choix se portera sur l'un des deux modèles suivants :

- l'éolienne V110-2.2MW du constructeur VESTAS, ou ;
- l'éolienne V100-2.2 MW du constructeur VESTAS.

Le tableau suivant présente les caractéristiques des deux modèles d'éolienne envisagés.

Modèle d'éolienne	VESTAS V110-2.2 MW	VESTAS V100-2.2 MW
Puissance	2,2 MW	2,2 MW
Hauteur au moyeu	85 m	85 m
Longueur de pale	54 m	49 m
Diamètre du rotor	110 m	100 m
Diamètre de survol	112 m	101,3 m
Hauteur totale en bout de pale	140 m	135 m
Largeur à la base du mât	3,65 m	3,65 m
Largeur maximale d'une pale (corde)	3,607 m	3,93 m

Tableau 4: Caractéristiques des deux modèles d'aérogénérateurs envisagés

L'étude détaillée des risques sera réalisée avec le modèle le plus contraignant.

Cf. § 8.2 Sélection de l'éolienne la plus impactante, p.63

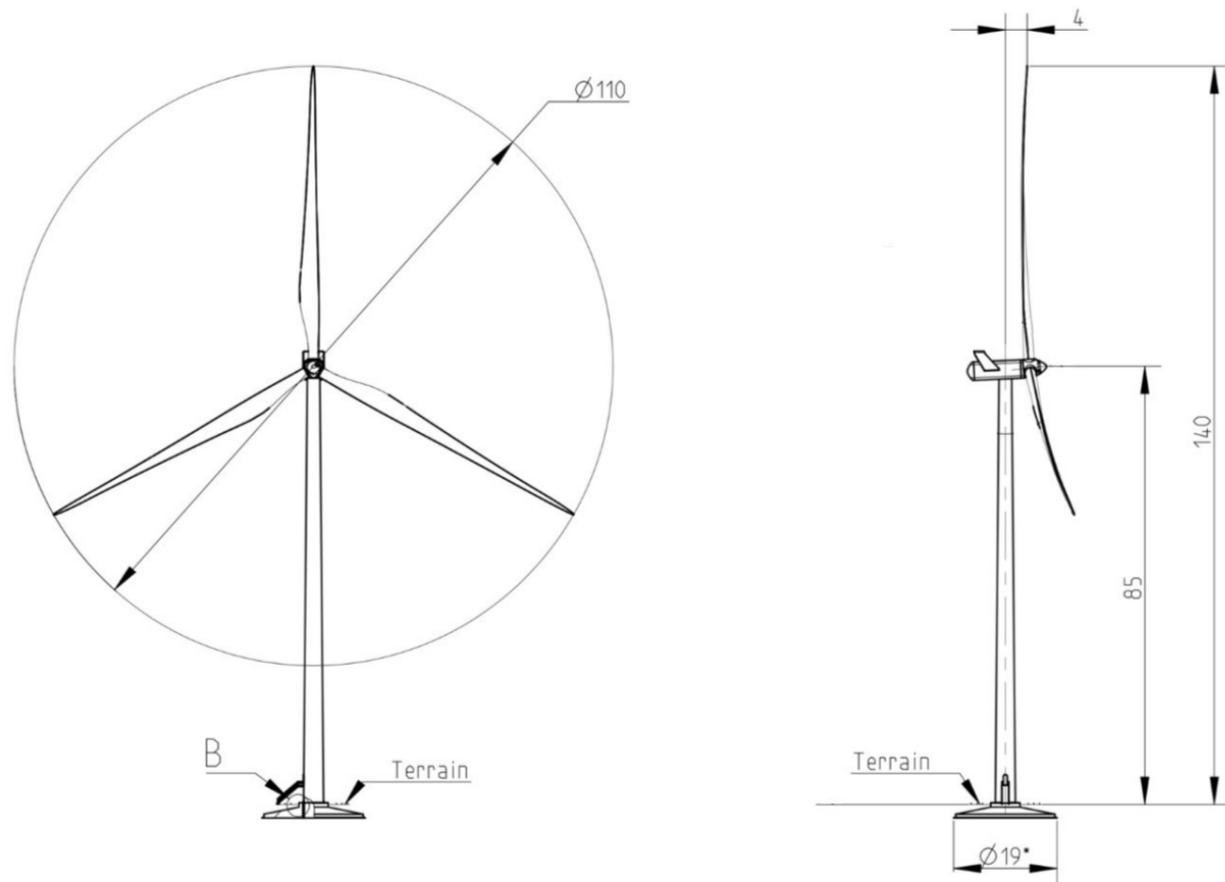


Illustration 7: Plans et dimensions de l'éolienne Vestas V110-HH85m

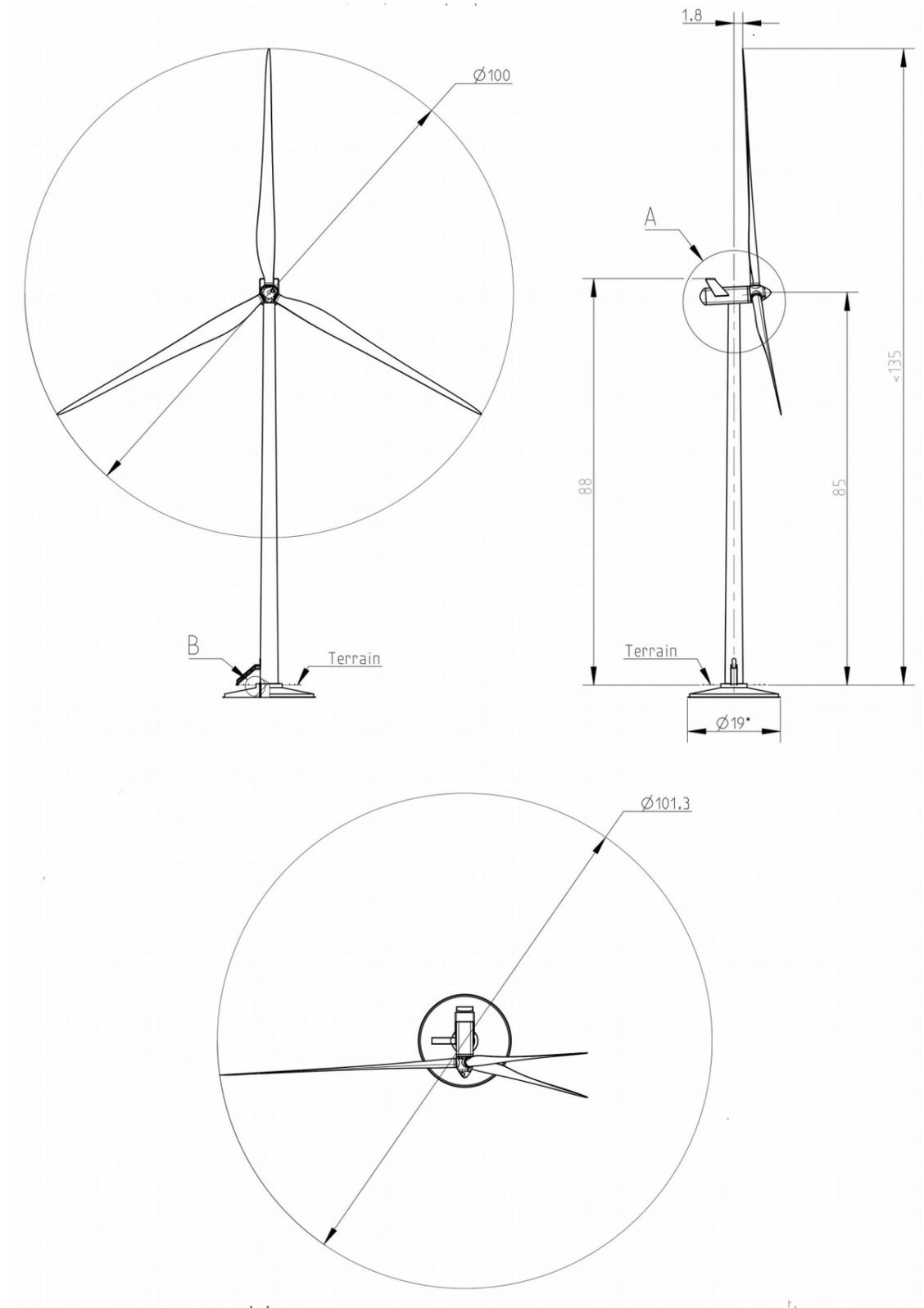


Illustration 8: Plans et dimensions de l'éolienne Vestas V100-HH85m

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

Nom de l'installation	LB CC49 (m)		WGS 84		Altitude du terrain naturel (m NGF)	Altitude en bout de pale V100 (m NGF)	Altitude en bout de pale V110 (m NGF)
	X	Y	Longitude	Latitude			
E1	1632876.8696	8263539.2432	2°4'19.2562" E	49°34'3.6055" N	162,9	297,9	302,9
E2	1633104.6484	8263822.3362	2°4'30.4198" E	49°34'12.8586" N	164	299	304
E3	1633599.1363	8263619.9377	2°4'55.1514" E	49°34'6.5017" N	166,6	301,6	306,6
E4	1633960.6645	8263629.8813	2°5'13.1374" E	49°34'6.9647" N	161,9	296,9	301,9
E5	1633612.3599	8263983.2853	2°4'55.5910" E	49°34'18.2672" N	170,2	305,2	310,2
PDL	1633309.9219	8263949.4977	2°4'40.5592" E	49°34'17.0551" N	166,1	-	-

Tableau 5: Coordonnées des aérogénérateurs et du poste de livraison

Les différents aérogénérateurs, le poste de livraison, les plateformes, les chemins d'accès et les réseaux enterrés sont représentés sur les plans réglementaires.

Cf. Dossier 6- Plan de situation et plans d'ensemble

4.2 Fonctionnement de l'installation

4.2.1 Principe général du fonctionnement d'un aérogénérateur

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 2 m/s, et c'est seulement à partir de 3 m/s que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 14 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 -120 fois plus vite que l'arbre lent. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint une vitesse de l'ordre de 10 m/s (36 km/h) à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

Ici, pour un aérogénérateur 2,2 MW (V110 ou V100), la production électrique atteint 2 200 kWh dès que le vent atteint environ 12 m/s. La vitesse nominale de rotation du rotor est de l'ordre de 14,9 tours/min.

L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50/60 Hz avec une tension de 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre dépasse la vitesse maximale de fonctionnement (ici 22 m/s), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

4.2.2 Découpage fonctionnel de l'installation

Fondations	<p><u>Fonction</u> : Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol</p> <p><u>Description</u> : Le massif de fondation est composé de béton armé et conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2. Les fondations ont entre 3 et 5 mètres d'épaisseur pour un diamètre de l'ordre d'une vingtaine de mètres. Ceci représente une masse de béton d'environ 1 000 tonnes. Un insert métallique disposé au centre du massif sert de fixation pour la base de la tour. Il répond aux prescriptions de l'Eurocode 3.</p> <p>Cette structure doit répondre aux calculs de dimensionnement des massifs qui prennent en compte les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Le type d'éolienne ; – La nature des sols ; – Les conditions météorologiques extrêmes ; – Les conditions de fatigue. <p>Les dimensions exactes des fondations seront établies suite à l'étude de géotechnique qui sera réalisée après l'obtention des autorisations administratives, à l'emplacement de chaque éolienne. Elles seront entièrement enterrées et seront donc invisible</p>
-------------------	--

Tour / mât	<p><u>Fonction</u> : Supporter la nacelle et le rotor</p> <p><u>Description</u> : La tour des éoliennes (également appelée mât) est constituée de plusieurs sections tubulaires en acier, de plusieurs dizaines de millimètres d'épaisseur et de forme tronconique, qui sont assemblées entre elles par brides. Fixée par une bride à l'insert disposé dans le massif de fondation, la tour est autoportante.</p> <p>La hauteur de la tour, ainsi que ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée.</p> <p>La tour a avant tout une fonction de support de la nacelle mais elle permet également le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle et abrite :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Une échelle d'accès à la nacelle ; – Un élévateur de personnes ; – Une armoire de contrôle et des armoires de batteries d'accumulateurs (en point bas) ; – Les cellules de protection électriques. <p><u>Tension dans les câbles présents dans la tour</u> : Jusqu'à 20 000 V.</p>
-------------------	---

Nacelle	<p><u>Fonction</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Supporter le rotor – Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité <p><u>Description</u> : La nacelle se situe au sommet de la tour et abrite les composants mécaniques, hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne (voir figure ci-après).</p> <p>Elle est constituée d'une structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre, et est équipée de fenêtres de toit permettant d'accéder à l'extérieur.</p> <p>Le système de refroidissement Vestas CoolerTop™ assure le refroidissement des principaux éléments de l'éolienne et sert également de support pour les balisages lumineux et les capteurs de vent (voir la photo ci-après). Ces capteurs à ultrasons mesurent en permanence la vitesse et la direction du vent.</p> <p>Une sonde de température extérieure est placée sous la nacelle et reliée au contrôle commande.</p> <p>La nacelle n'est pas fixée de façon rigide à la tour. La partie intermédiaire entre la tour et la nacelle constitue le système d'orientation, appelé « yaw system », permettant à la nacelle de s'orienter face au vent, c'est-à-dire de positionner le rotor dans la direction du vent (l'orientation du rotor est forcée).</p> <p>Le système d'orientation est constitué de plusieurs dispositifs motoréducteurs solidaires de la nacelle, dont les arbres de sortie comportent un pignon s'engrenant sur une couronne dentée solidaire de la tour. Ces dispositifs permettent la rotation de la nacelle et son maintien en position face au vent. La vitesse maximum d'orientation de la nacelle est de moins de 0,45 degrés par seconde soit environ une vingtaine de minutes pour faire un tour complet.</p> <p>Afin d'éviter une torsion excessive des câbles électriques reliant la génératrice au réseau public, il existe un dispositif de contrôle de rotation de la nacelle. Celle-ci peut faire 3 à 5 tours de part et d'autre d'une position moyenne. Au-delà, un dispositif automatique provoque l'arrêt de l'éolienne, le retour de la nacelle à sa position dite « zéro », puis la turbine redémarre.</p> <p><u>Tension dans les armoires électriques</u> : Entre 0 et 1 200 V.</p>
----------------	---

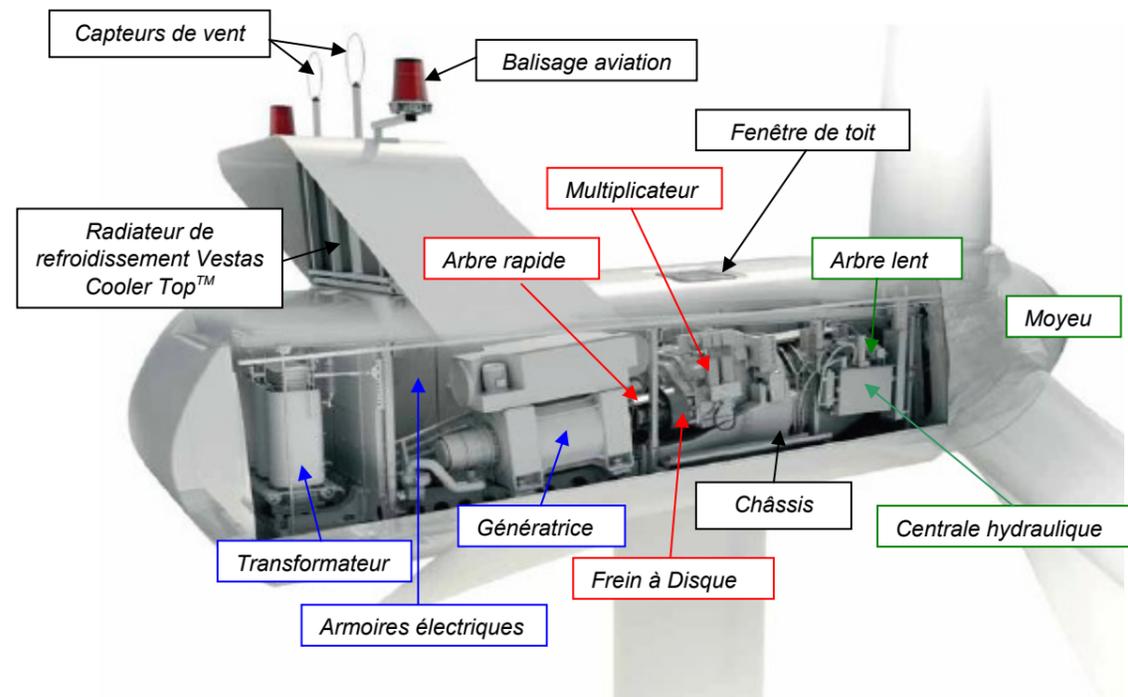


Illustration 9: Composants de la nacelle

Rotor

Fonction : Capturer l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice

Description : Les rotors Vestas sont composés de trois pales fixées au moyeu via des couronnes à deux rangées de billes et double contact radial. La rotation du rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Elle est transmise à la génératrice via le multiplicateur.

Les pales peuvent pivoter d'environ 90 degrés sur leur axe grâce à des vérins hydrauliques montés dans le moyeu. La position des pales est alors ajustée par un système d'inclinaison, appelé «Vestas Pitch System». Ainsi, les variations de vitesse de vents sont constamment compensées par l'ajustement de l'angle d'inclinaison des pales. Le « Vestas Pitch System » est conçu pour optimiser au maximum la production de l'éolienne.

Dans le cas où la vitesse de vent devient trop importante, risquant d'amener une usure prématurée des divers composants ou de conduire à un emballement du rotor, le « Vestas Pitch System » ramène les pales dans une position où elles offrent le moins de prise au vent, dite « en drapeau », conduisant à l'arrêt du rotor (freinage aérodynamique). Ce système comprend également la présence d'accumulateurs hydropneumatiques disposés au plus près des vérins. Ces accumulateurs permettent, même en cas de perte du système de contrôle, de perte d'alimentation électrique ou de défaillance du système hydraulique, de ramener les pales en drapeau.

Chaque pale est indépendante et équipée de son propre pitch system afin de garantir un calage continu même en cas de dysfonctionnement du contrôle commande.

Plusieurs notions caractérisent les pales :

- La longueur, fonction de la puissance désirée ;
- La corde (largeur maximale), fonction du couple nécessaire au démarrage et de celui désiré en fonctionnement ;
- Les matériaux, fonction de la résistance souhaitée.
- La géométrie de la pale est légèrement vrillée autour de son axe longitudinal pour un meilleur rendement.

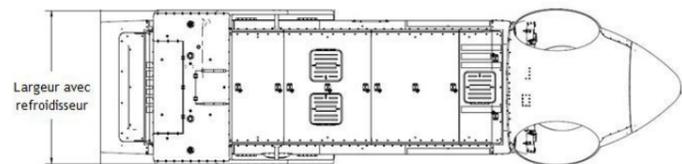
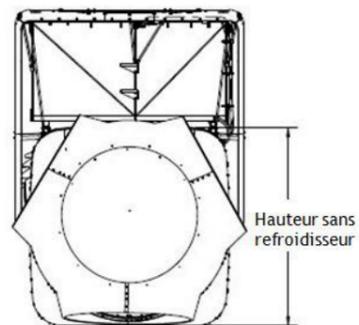
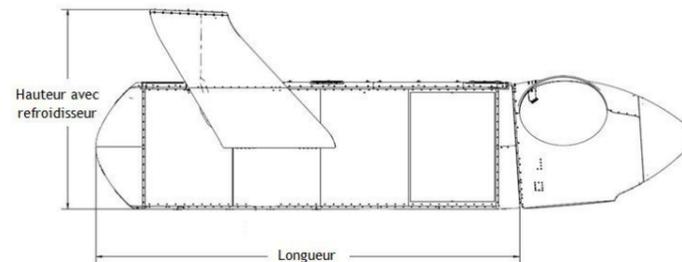


Illustration 10: Différentes vues de la nacelle Vestas

Multiplicateur (Gearbox)	<p>Fonction : Multiplier la vitesse de rotation issue de l'arbre lent</p> <p>Description : Le rotor est directement relié à un arbre de transmission appelé « arbre lent ». Cet arbre, qui tourne à la vitesse du rotor est connecté au multiplicateur. Le multiplicateur (Gearbox) permet de multiplier la vitesse de rotation d'un facteur compris entre 100 et 120 selon les modèles, de telle sorte que la vitesse de sortie (« arbre rapide ») est d'environ 1 450-1 550 tours par minute.</p> <p>Le dispositif de transmission entre l'arbre rapide et la génératrice (coupling) est un dispositif flexible, réalisé en matériau composite afin de compenser les défauts d'alignement mais surtout afin de constituer une zone de moindre résistance et de pouvoir rompre en cas de blocage d'un des deux équipements.</p> <p>Sur l'arbre rapide du multiplicateur est monté un disque de frein, à commande hydraulique, utilisé pour l'arrêt de la turbine en cas d'urgence.</p>
---------------------------------	---

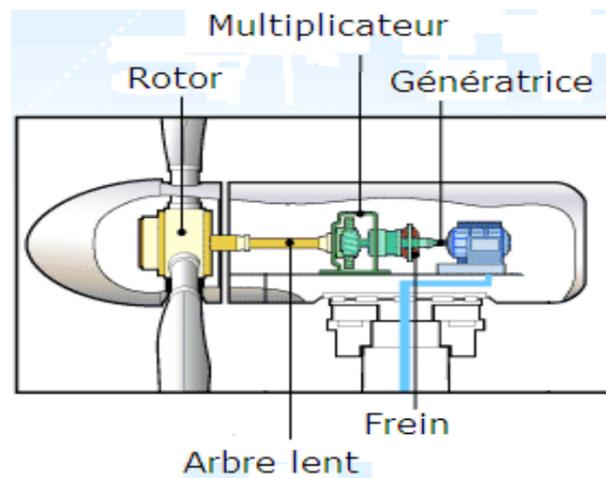


Illustration 11: Schéma simplifié de la chaîne cinématique

Générateur et transformateur	<p>Fonction :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Produire de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique - Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau <p>Description : Les éoliennes sont équipées d'un système générateur/transformateur fonctionnant à vitesse variable (et donc à puissance mécanique fluctuante).</p> <p>Le générateur est ici de type synchrone délivrant un courant alternatif sous 690 V à vitesse nominale. Un système de conversion appelé « Grid Streamer™ convertter » permet d'assurer la régulation du fonctionnement du générateur et la qualité du courant produit. Il permet d'alimenter le transformateur élévateur de tension en courant alternatif 50/60 Hz sous 690 V.</p> <p>Cette tension est élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur sec, puis réglée par des dispositifs électroniques de façon à pouvoir être compatible avec le réseau public. Le transformateur est localisé dans une pièce fermée à l'arrière de la nacelle.</p> <p>Un câble relie ensuite la nacelle et les cellules de protection du réseau, disposées dans une armoire en partie basse de la tour. Il s'agit de cellules à isolation gazeuse (SF₆) qui permettent une séparation électrique de l'éolienne par rapport aux autres machines du champ éolien en cas d'anomalie (court-circuit, surtension, défaut d'isolement, ...).</p> <p>Le refroidissement du générateur et du dispositif de conversion est effectué par une boucle d'eau.</p>
-------------------------------------	---

Connexion au réseau électrique public	<p>Fonction : Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public.</p> <p>Description : Les éoliennes d'un même champ éolien sont ensuite raccordées au réseau électrique de distribution (Enedis ou régies) ou de transport (RTE) via un ou plusieurs postes de livraison. Ces postes font ainsi l'interface entre les installations et le réseau électrique.</p> <p>Chaque poste est équipé d'appareils de comptage d'énergie indiquant l'énergie soutirée au réseau mais également celle injectée. Il comporte aussi la protection générale dont le but est de protéger les éoliennes et le réseau inter-éolien en cas de défaut sur le réseau électrique amont.</p> <p>Les liaisons électriques entre éoliennes et poste(s) de livraison sont assurées par des câbles souterrains.</p> <p>Tension en sortie du transformateur des éoliennes : 20kV Tension dans les câbles de raccordement au poste de livraison : 20kV</p>
--	---

4.2.3 Caractéristiques techniques

	Vestas V110	Vestas V100
Données de conception		
Classe de vent	IEC S	IEC 3A
Vitesse du vent de démarrage	3 m/s	3 m/s
Vitesse de coupure	22 m/s	22 m/s
Puissance nominale	2 200 kW	2 200 kW
Hauteur max. en extrémité de pale	140 m	135 m
Rotor		
Diamètre	110 m	100 m
Surface balayée (aire de survol)	9 503 m ²	7 854 m ²
Nb de pales	3	3
Longueur d'une pale	54 m	49 m
Largeur maximale (corde) d'une pale	3,607 m	3,93 m
Poids unitaire d'une pale	8 tonnes	7,7 tonnes
Vitesse nominale du rotor	14,9 tours/min	14,9 tours/min
Nacelle		
Longueur	10,5 m	10,5 m
Largeur avec refroidisseur	4,1 m	4,1 m
Hauteur	3,9 m sans refroidisseur / 5,4 m avec refroidisseur	3,9 m sans refroidisseur / 5,4 m avec refroidisseur
Poids total	67,4 t (sans refroidisseur, moyeu et équipements internes)	67,4 t (sans refroidisseur, moyeu et équipements internes)
Tour		
Concept	Tube d'acier	Tube d'acier
Hauteur au moyeu	85 m	85 m
Poids	162 t	162 t
Diamètre maximum à la base	3,65 m	3,65 m

Tableau 6 : Caractéristiques techniques des éoliennes

4.2.4 Sécurité de l'installation

4.2.4.1 Conformité aux prescriptions générales

L'exploitant a procédé à une analyse de conformité du projet aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent. Les normes et certifications exigées par l'arrêté seront respectées.

4.2.4.2 Certificats des éoliennes

Les aérogénérateurs V110 et V100 font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes, et notamment :

- la norme IEC61400-1 / NF EN 61400-1 Juin 2006 intitulée « Exigence de conception » spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie prévue.

Elle concerne tous les sous-systèmes des éoliennes tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien ; la norme IEC 61400-1 spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes.
- la norme IEC61400-22 / NF EN 61400-22 Avril 2011 intitulée « essais de conformité et certification » définit les règles et procédures d'un système de certification des éoliennes comprenant la certification de type et la certification des projets d'éoliennes installées sur terre ou en mer. Ce système spécifie les règles relatives aux procédures et à la gestion de mise en oeuvre de l'évaluation de la conformité d'une éolienne et des parcs éoliens, avec les normes spécifiques et autres exigences techniques en matière de sécurité, de fiabilité, de performances, d'essais et d'interaction avec les réseaux électriques ;
- la norme CEI/TS 61400-23:2001 Avril 2001 intitulée « essais en vraie grandeur des structures des pales » relative aux essais mécaniques et essais de fatigue.

D'autres normes de sécurité sont applicables :

- la génératrice est construite suivant le standard IEC60034 et les équipements mécaniques répondent aux règles fixées par la norme ISO81400-4 ;
- la protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4 ;
- la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004 relative aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques ;
- le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 9223.

Cf. Annexe 2 : Certificat de conformité VESTAS, p.87

Cf. Annexe 3 : Analyse de conformité à l'arrêté du 26 août 2011 modifié, p.94

4.2.4.3 Organisation des moyens de secours

■ Moyens internes

Lors du déclenchement des alarmes incendie de la machine, une sirène se met en route dans la nacelle et la tour, une information est envoyée par gsm en moins de 15 minutes vers le centre de télésurveillance, les pompiers et l'exploitant. L'alerte provoque la mise à l'arrêt de la machine.

■ Moyens externes

Les moyens d'intervention de secours ou de lutte contre les incendies sont basés sur des moyens externes (sapeurs pompiers).

L'exploitant détermine un plan d'intervention en accord avec les services départementaux de secours au moment où le projet est bien avancé et que l'implantation n'est pas modifiée.

4.2.4.4 Organisation en cas de perte du réseau électrique

■ Effets

En cas de perte du réseau électrique, la pression accumulée dans les systèmes d'orientation des pales est renvoyée vers le réseau hydraulique de la nacelle, ce qui a pour effet d'entraîner une mise en drapeau des pales qui va permettre un freinage aérodynamique du rotor et une mise à l'arrêt de l'éolienne.

■ Mesures prévues

Dans ce cas, il n'y a pas de danger particulier, les équipes de gestion technique sont prévenues par SMS et/ou mail de la déconnexion des machines du réseau. Le centre de conduite du gestionnaire de réseau (Enedis) est alors contacté pour connaître les raisons de cette panne et demander l'autorisation de reconnexion si le réseau est à nouveau disponible.

■ Capacités et délais d'intervention

Ce cas de figure ne présentant pas de danger pour la sécurité, les équipes vont intervenir dans les meilleurs délais pour permettre la reprise de la production.

4.2.4.5 Perte du réseau de télécommunication

■ Effets

Ceci peut entraîner la non-réception des alarmes par les équipes d'exploitation et de maintenance. Ainsi, l'effet cumulé avec la survenance d'un incendie ou de l'entrée en survitesse pourrait retarder le temps de prévenance des secours.

■ Mesures prévues

Le système d'alarme sera doublé et utilisera deux technologies (ADSL pour l'envoi de mail et GSM pour l'envoi de SMS), afin de pallier à la défaillance de l'un des deux systèmes d'alerte.

■ Capacités et délais d'intervention

En cas de panne d'un système de télécommunication, l'opérateur prendra contact avec le gestionnaire du réseau de télécommunication dans les meilleurs délais pour demander le rétablissement du service. La deuxième ligne (GSM ou ADSL) fera office de secours pour assurer la prévenance en cas d'incendie ou de survitesse.

4.2.5 Opérations de maintenance de l'installation

4.2.5.1 Dispositions générales

L'installation respectera toutes les prescriptions imposées par la réglementation et en particulier par l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 et l'arrêté du 10 décembre 2021.

4.2.5.2 Contrôle avant mise en service

Toute opération de maintenance sur un équipement, à titre préventif ou correctif, est suivie d'un contrôle permettant de vérifier le fonctionnement de l'équipement avant sa remise en service. Ces contrôles peuvent souvent exiger la mise en service de l'équipement, opération effectuée avec toutes les précautions nécessaires en termes de sécurité et de disponibilité du système.

Ces contrôles sont effectués selon des procédures spécifiques.

L'équipement peut alors être mis à la disposition du département d'exploitation, conformément à la procédure interne à la société et aux méthodes définies par l'opérateur du système.

4.2.5.3 Conduite du système

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

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

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

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

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

Afin d'assurer la sécurité des équipes intervenantes, un dispositif de prise de commande locale de l'éolienne est disposé en partie basse de la tour. Ainsi, lors des interventions sur l'éolienne, les opérateurs basculent ce dispositif sur « commande locale » ce qui interdit toute action pilotée à distance.

Toute intervention dans le rotor n'est réalisée qu'après le blocage mécanique de celui-ci.

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

Au-delà de certaines vitesses de vent, les interventions sur les équipements ne sont pas autorisées.

4.2.5.4 Formation des personnels

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

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

4.2.5.5 Entretien préventif du matériel

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 Vérification des joints d'étanchéité Inspection visuelle des pales, de l'extérieur et de l'intérieur Vérification des boulons de chaque pale* Vérification des bruits anormaux Vérification des bandes paratonnerres
Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification des boulons et de l'absence d'impacts de foudre.

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

Composants	Opérations
Extérieur	Vérification de la protection de surface Nettoyage des têtes de boulons et d'écrous, des raccords, etc.
Transformateur	Inspection mécanique et électrique du transformateur
Sécurité générale	Inspection des câbles électriques Inspection du système de mise à la terre

*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 modifié.

Tableau 7: Inspection après 3 mois de fonctionnement

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

Les opérations de maintenance supplémentaires sont présentées ci-après.

Composants	Opérations
Moyeu	Vérification de l'état de la fibre de verre Vérification des joints d'étanchéité Vérification de la fonctionnalité des trappes d'accès et de leurs verrous
Pales	Vérification des tubes de graissage et du bloc de distribution de graisse Vérification du niveau de graisse dans les collecteurs de graisse et remplacement s'ils sont pleins Remplissage du distributeur de graisse
Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification du câble connectant les bandes anti-foudre Vérification des amortisseurs d'usure Vérification des bandes anti-foudre
Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	Vérification du bon fonctionnement du système d'inclinaison des pales Vérification de la pression des accumulateurs Vérification de la tension des fixations des accumulateurs Vérification des boulons Vérification des pistons des vérins hydrauliques
Arbre principal	Vérification et lubrification des roulements principaux tous les 5 ans Vérification de l'ajustement des capteurs RPM Lubrification des boulons de blocage du rotor
Bras de couple	Vérification des boulons entre le bras de couple et le bâti tous les 4 ans

Composants	Opérations
Multiplicateur	Vérification et remplacement (si nécessaire) des filtres à air Remplacement des filtres à air tous les 10 ans Remplacement du système de détection de particules tous les 10 ans Vérification des flexibles de drainage. Remplacement si nécessaire. Remplacement des flexibles de drainage tous les 10 ans Remplacement des tuyaux tous les 7 ans Inspection des boulons du système d'accouplement entre le multiplicateur et l'arbre principal tous les 4 ans Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse
Système de freinage	Vérification du câblage des capteurs d'usure et de chaleur Remplacement des plaquettes de freins tous les 7 ans
Générateur	Vérification du bruit des roulements Vérification du système de graissage automatique Vérification du système de refroidissement
Système de refroidissement par eau	Remplacement du liquide de refroidissement tous les 5 ans
Système hydraulique	Vérification des niveaux d'huile et remplacement si nécessaire Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse Changement d'huile selon les rapports d'analyse Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Contrôle des flux et de la pression Vérification de la pression dans le système de frein
Vestas Cooler Top™	Inspection visuelle du Vestas Cooler Top™ et des systèmes parafoudres
Onduleur	Vérification du bon fonctionnement de l'onduleur Remplacement des différents filtres des ventilateurs Remplacement des différents ventilateurs tous les 5 ans Remplacement de la batterie tous les 5 ans
Capteur de vent et balisage aérien	Inspection visuelle du capteur de vitesse de vent et du bon fonctionnement du balisage.
Nacelle	Changement des filtres à air Changement des batteries des processeurs
Tour	Changement des filtres de ventilation contaminés Maintenance de l'élévateur de personnes
Système de détection d'arc électrique	Test du capteur de détection d'arc électrique du jeu de barres et dans la salle du transformateur
Système d'orientation nacelle (Yaw System)	Lubrification de la Couronne d'orientation Vérification du niveau d'huile des motoréducteurs, et remplissage si besoin Changement de l'huile des motoréducteurs tous les 10 ans Vérification et ajustement du couple de freinage

Composants	Opérations
Armoire de contrôle en pied de tour	Test des batteries Remplacement des batteries de secours tous les 5 ans Remplacement des radiateurs en cas de défaillance
Sécurité générale	Test des boutons d'arrêt d'urgence Test d'arrêt en cas de survitesse Vérification des équipements de sauvetage Vérification de la date d'inspection des extincteurs Test des détecteurs de fumée (si installés) Vérification du système antichute

Tableau 8: Inspection après chaque année de fonctionnement

4.2.5.6 Contrôles réglementaires périodiques

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

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

4.2.5.7 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.

4.2.5.8 Prise en compte du retour d'expérience

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

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

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

4.2.6 Stockage et flux de produits dangereux

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

4.3 Fonctionnement des réseaux de l'installation

4.3.1 Raccordement électrique habituel d'un parc éolien

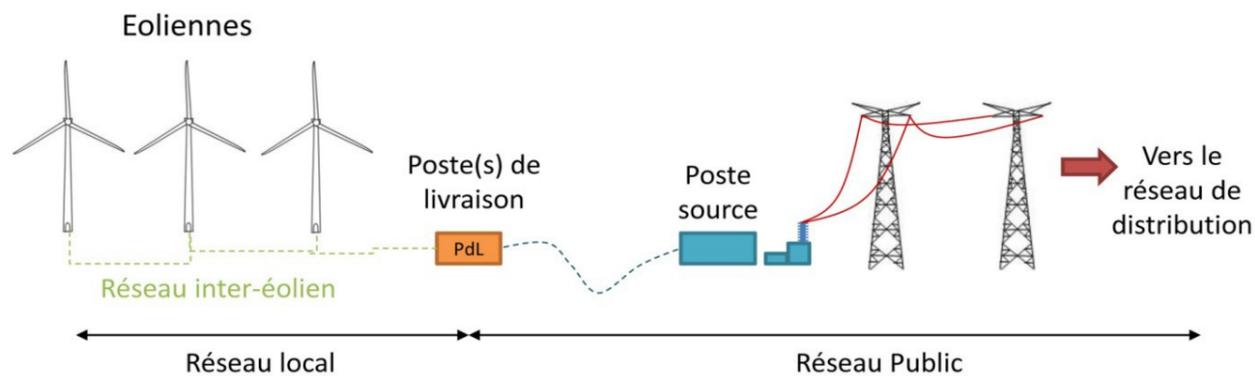


Illustration 12: Raccordement électrique des installations

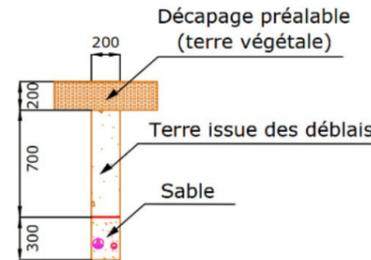
4.3.1.1 Réseau inter-éolien

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 80 cm en accotement de voies et à 120 cm minimum en plein champ.

Cf. Illustration ci-contre

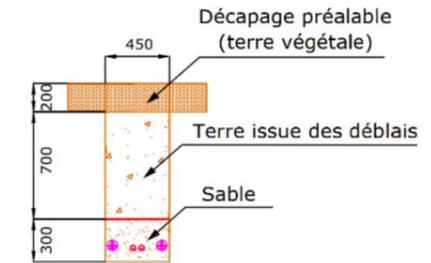
Coupe type A

traversée pleine terre
1 seul câble



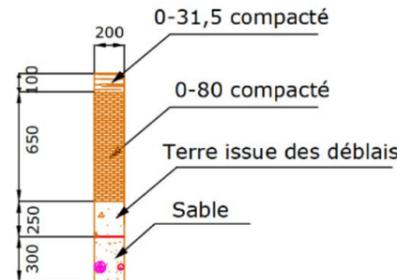
Coupe type B

traversée pleine terre
2 câbles



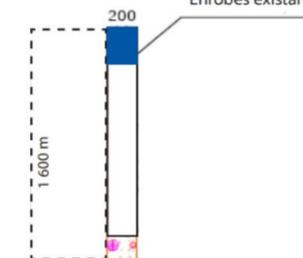
Coupe type H

traversée voie / chemin
1 seul câble



Coupe type D

traversée par fonçage (ou forage) sous route
1 seul câble
Enrobés existants



Coupe type E

sous accotement voie / chemin
1 seul câble

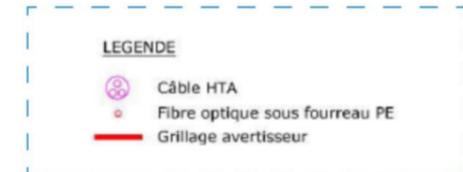
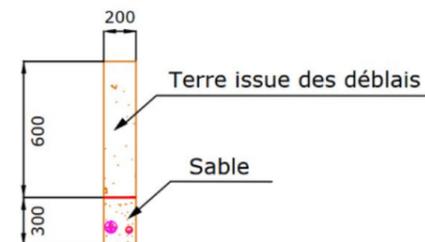


Illustration 13: Vues des différents types de tranchées en coupe

(Source : Nouvergies)

4.3.1.2 Poste de livraison

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

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

4.3.1.3 Réseau électrique externe

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

4.3.2 Raccordement électrique du parc

Les différents aérogénérateurs, le poste de livraison, les réseaux électriques enterrés sont représentés sur les plans d'ensemble du dossier de demande d'autorisation environnementale.

Cf. Dossier 6- Plan de localisation et plans d'ensemble

Le raccordement des éoliennes entre elles et au poste de livraison, ainsi que la jonction au réseau extérieur seront réalisés en souterrain, depuis le poste de livraison vers le poste source qui sera défini par le gestionnaire du réseau (par exemple Enedis).

4.3.3 Autres réseaux

Le parc éolien de la Vallée de Boves ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.

CHAPITRE 5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

5.1 Potentiels de dangers liés aux produits

Les produits utilisés dans le cadre du parc éolien de la Vallée de Boves permettent 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 dangereux ;
- Produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyants...) et les déchets non dangereux associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...).

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

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 des turbines Vestas sont :

- L'huile hydraulique (circuit haute pression) dont la quantité présente est de l'ordre de 250 litres est l'huile Texaco Rando WM 32 ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur dont la quantité présente est de l'ordre de 400 litres est l'huile Mobil Gear SHC XMP 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 d'environ 400 litres ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entraînements ;
- 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 2,2 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).

L'exploitant devra apporter des détails sur ces produits au moment de la mise en service de l'installation.

5.1.2 Dangers des produits

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien de la Vallée de Boves sont :

■ 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).

Toutefois, le risque de toxicité peut survenir suite à un incendie créant certains produits de décomposition nocifs, entraînés dans les fumées de l'incendie.

■ Dangérosité pour l'environnement

Vis-à-vis de l'environnement, le SF₆ possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont très limitées (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, également en cas d'entraînement dans les eaux d'extinction incendie.

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.

Le classement des substances utilisées sur le site sera conforme à l'arrêté du 20 avril 1994 modifié en janvier 2009 relatif à la déclaration, la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances.

Les produits seront présents en quantité restreinte sur le site.

Compte tenu de la nature des matières stockées sur le site et de leur quantité, aucune précaution particulière ne sera prise. Il n'y a pas de problème d'incompatibilité des produits entre eux ou bien vis-à-vis des matériaux utilisés pour leur stockage.

5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant.

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

Tableau 9: Dangers potentiels d'une éolienne

5.3 Réduction des potentiels de dangers à la source

Ce paragraphe a pour but de montrer que des actions préventives ont été mises en oeuvre.

5.3.1 Réduction des dangers liés aux produits

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

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

Le SF₆ est un très bon isolant et ne dispose pas à ce jour de produit de substitution présentant des qualités équivalentes. De plus, malgré son caractère de gaz à effet de serre, il ne présente pas de danger pour l'homme (inflammable et non toxique). Il n'est donc pas prévu de solution de substitution. Il faut rappeler que ce gaz est contenu dans les cellules d'isolement disposées en pied d'éolienne (cellules étanches) qui sont des matériels du commerce, et ne sont pas fabriqués par Vestas.

La réduction des dangers liés aux produits dépend donc essentiellement de la bonne maintenance des appareils et du respect des règles de sécurité. Une attention particulière devra également être portée au transport des lubrifiants sur le site lors des phases de renouvellement.

5.3.2 Substitution des équipements

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

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

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

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

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

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

5.3.3 Réduction des dangers liés aux installations

Les principaux choix qui ont été effectués par le porteur de projet au cours de sa conception permettent de réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation.

Ces choix sont synthétisés ci-dessous :

- Des mesures de vents ont été effectuées en amont du projet permettant une prévision des conditions climatiques. Le choix de la machine est adapté à ces conditions ;
- Le respect des prescriptions générales de l'arrêté du 26 août 2011 modifié impose au projet :
 - Un éloignement des aérogénérateurs de 500 m des habitations et zones constructibles,
 - Un choix d'aérogénérateurs respectant des normes de sécurité et disposant d'équipements de prévention des risques,
 - La réalisation obligatoire d'un contrôle technique des ouvrages.
- Les moyens techniques de Nouvergies et de Vestas sont mis à disposition via un contrat d'exploitation et de maintenance ;
- Le projet bénéficie de l'expérience de Nouvergies dans le développement de projet éolien.

En outre, les mesures générales de prévention limitant les risques d'accident sur le parc éolien de la Vallée de Boves sont les suivantes :

- Vestas, fournisseur des éoliennes et assurant leur maintenance, dispose d'un système de management HSE respecté par tous ses salariés.
- Le respect des règles de conduite et la limitation de la vitesse de circulation des engins et véhicules seront imposés. Un plan de circulation sera établi pour l'accès depuis les routes les plus proches.
- Les interventions se font par du personnel possédant l'habilitation électrique et la législation du travail dans les installations en hauteur, après visite de conformité par un organisme de contrôle agréé. Les techniciens de Vestas sont formés, entraînés et autorisés. Ils sont équipés de leurs EPI.
- Des procédures d'installation et de maintenance claires et détaillées seront disponibles pour chacun des équipements.
- Le design et l'assemblage des équipements respectent les normes en vigueur et normes constructeur.

5.3.4 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, elles ne sont pas soumises à cette directive.

CHAPITRE 6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE

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

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

6.1 Inventaire des accidents et incidents en France

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne effectué en mars 2012, et complété par les données disponibles de la base de données ARIA (consultation en juillet 2021).

Cf. Annexe 4 : Annexe 1B du guide technique, inventaire de l'accidentologie réalisé en mars 2012 par le groupe de travail INERIS/SER FEE

Complément à l'accidentologie (mise à jour en juillet 2021)

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

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

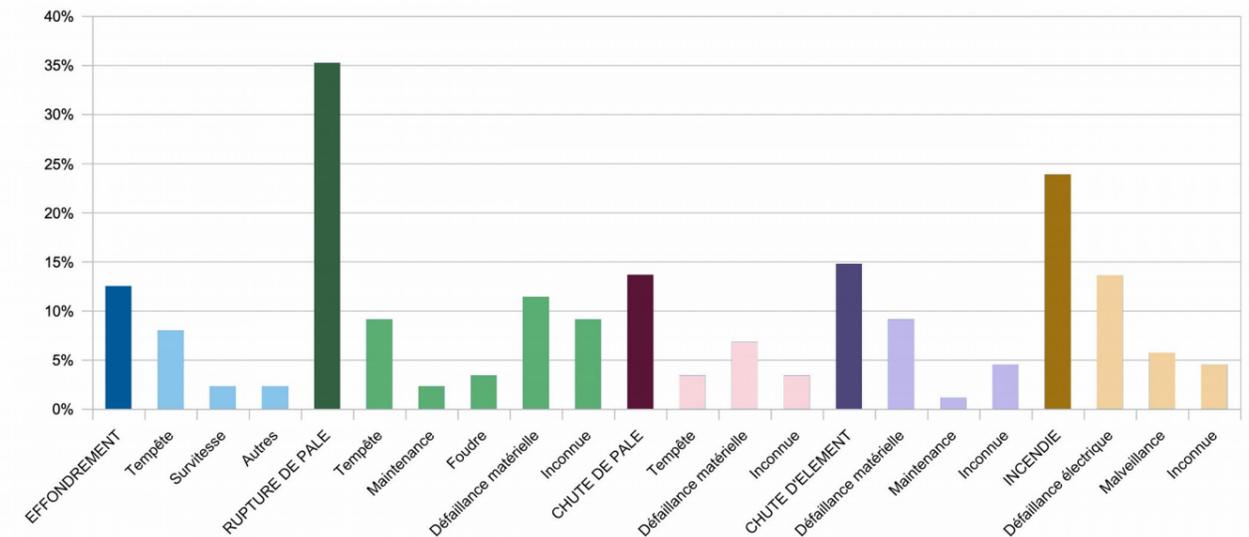
Dans le cadre de ce recensement, il n'a pas été réalisé d'enquête exhaustive directe auprès des exploitants de parcs éoliens français. Cette démarche pourrait augmenter le nombre d'incidents recensés, mais cela concernerait essentiellement les incidents les moins graves.

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents avait pu être recensé entre 2000 et début 2012. Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné. Il est complété par 58 incidents supplémentaires enregistrés en France entre 2012 et juillet 2021.

Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens (parcs installés dans les années 90 et la première moitié des années 2000), qui ne bénéficient 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 juillet 2021. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs.

Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et juillet 2021



Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les incendies (nombreux cas criminels), les effondrements, les chutes de pale et les chutes d'éléments de pale. La principale cause de ces accidents est liée à la conception des machines, régulièrement mise en cause en cas de tempêtes.

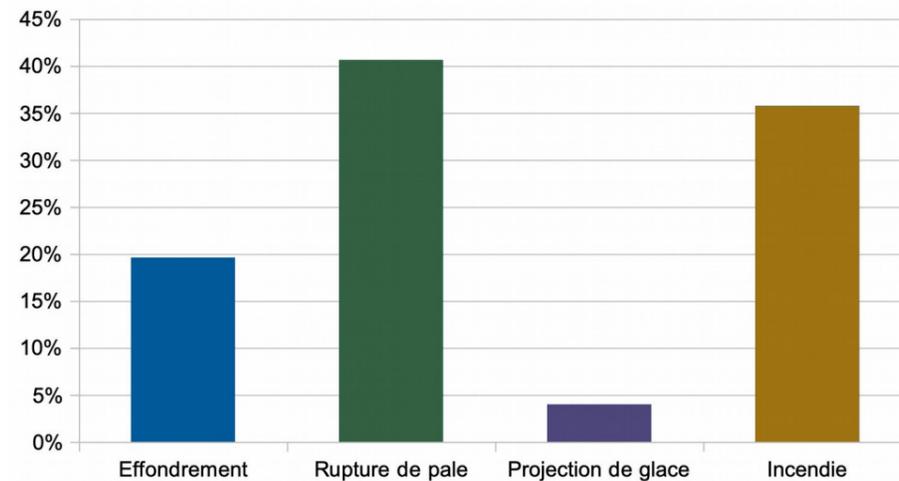
6.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne au 30 juin 2021.

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 3 033 accidents décrits dans la base de données au moment de sa mise à jour, 1 801 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

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

Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et juin 2021

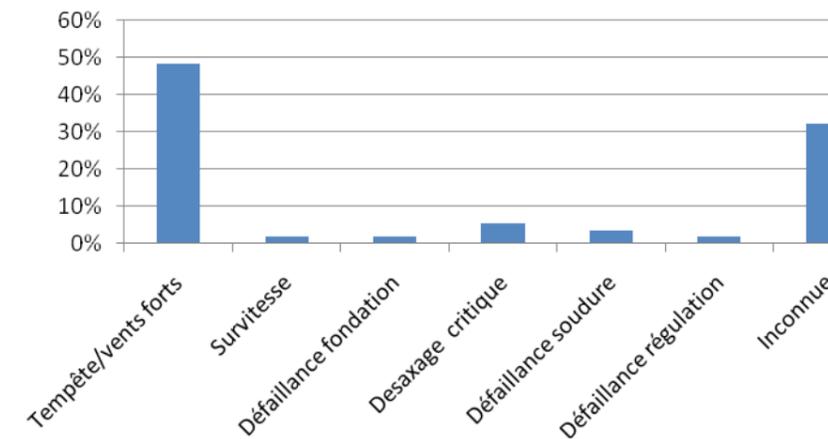


La répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2021 est du même ordre de grandeur que celle qui avait été observée entre 2000 et 2011 par le groupe de travail de SER/FEE.

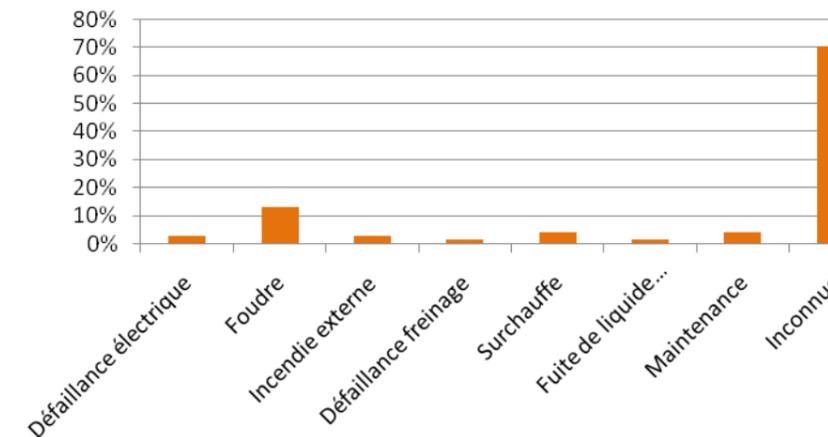
Ci-contre, le recensement des causes premières présenté pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés) est celui qui porte sur les données 2000-2011 analysées par le groupe de travail mentionné précédemment.

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.

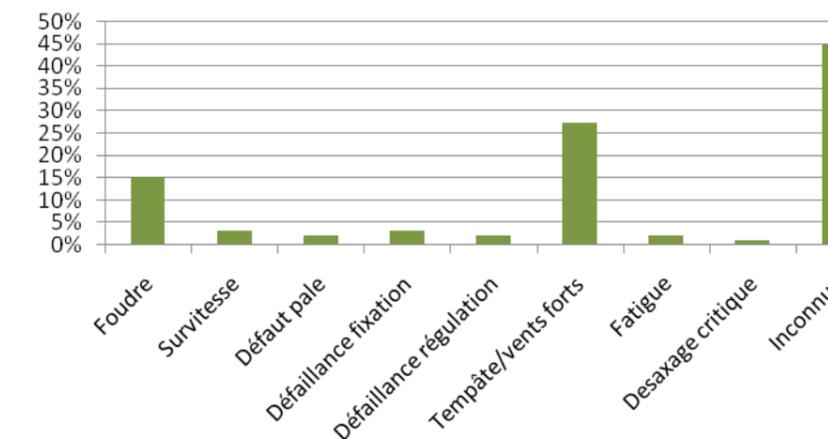
Répartition des causes premières d'effondrement



Répartition des causes premières d'incendie



Répartition des causes premières de rupture de pale



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

La société Nouvergies ne dénombre aucun accident d'exploitation ou de maintenance dans les parcs exploités actuellement.

La filiale de cette société, la société SAS de la Vallée de Boves, n'exploite à l'heure actuelle aucun parc éolien.

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

6.4.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

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

L'illustration 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.

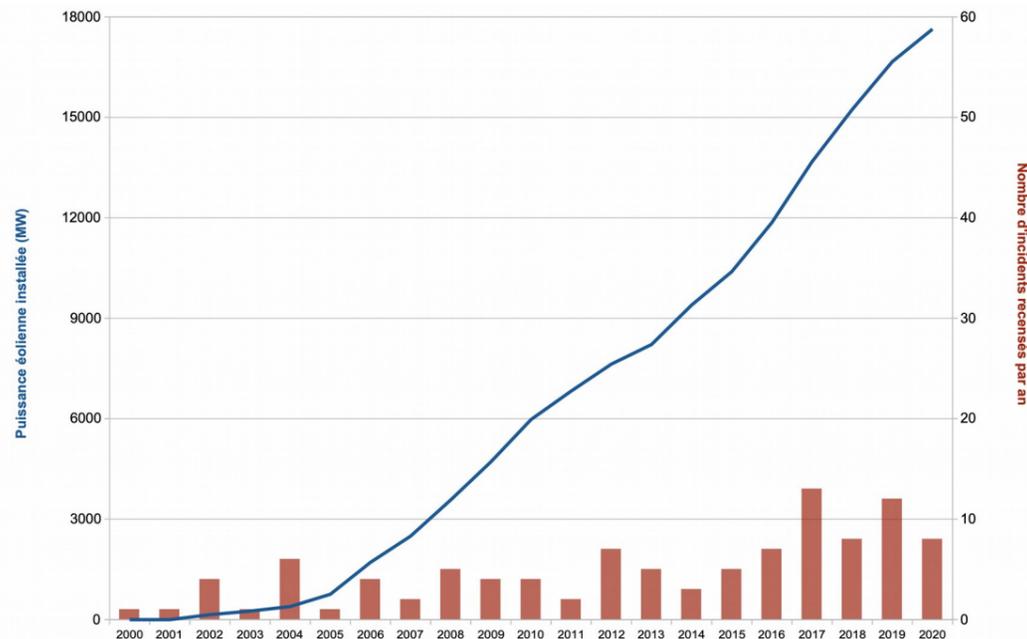


Illustration 14: Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

6.4.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

6.4.3 Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

La non-exhaustivité des événements : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors certains événements ne sont pas reportés. En particulier, les événements les moins spectaculaires peuvent être négligés : chutes d'éléments, projections et chutes de glace ;

La non-homogénéité des aérogénérateurs inclus dans ce retour d'expérience : les aérogénérateurs observés n'ont pas été construits aux mêmes époques et ne mettent pas en œuvre les mêmes technologies. Les informations sont très souvent manquantes pour distinguer les différents types d'aérogénérateurs (en particulier concernant le retour d'expérience mondial) ;

Les importantes incertitudes sur les causes et sur la séquence qui a mené à un accident : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents ;

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

CHAPITRE 7. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques

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

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

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

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

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

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.

7.3 Recensement des agressions externes potentielles

7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

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

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	E1 : 75 m d'une voie communale E2 : 55 m d'une voie communale E3 : 55 m d'un chemin d'exploitation E4 : 55 m d'un chemin d'exploitation E5 : 150 m d'une voie communale
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Non concerné - Infrastructure au-delà du périmètre de 2 km.
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Non concerné - Absence de lignes THT dans le périmètre.
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Distance E1-E2 : 365 m Distance E3-E4 : 360 m Distance E3-E5: 365 m Distance E4-E5: 495 m Autres inter-distances > 500 m

Tableau 10: Agressions externes liées aux activités humaines

7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Les principales agressions externes sont liées aux phénomènes naturels. Ceux-ci sont étudiés dans le paragraphe 3.2.2 « Risques naturels », page 17. L'intensité des phénomènes est donnée par une cotation sur la base de données observées. Seuls sont retenus pour l'analyse des risques, les phénomènes de vents et tempête, foudre et glissement de sols.

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques puisque 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 présentée dans le paragraphe 7.6 p.50.

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

7.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

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

- une description des causes et de leur séquençage (*événements initiateurs* et *événements intermédiaires*) ;
- une description des *événements redoutés centraux* qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- une description des *fonctions de sécurité* permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux, elles sont numérotées de façon à être listées dans le chapitre « Mise en place des mesures de sécurité » ;
- une description des *phénomènes dangereux* dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- une évaluation préliminaire de la zone d'effets attendue de ces événements.

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

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

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience du groupe de travail INERIS/SER FEE (« 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).

Voir précisions en annexe :

Cf. Annexe 4 : Annexe 1.C du guide technique, scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
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 sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
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	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	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°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance 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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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 11: Analyse générique des risques

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

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-dessus.

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

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

Aucune installation ICPE ne se situe dans ce périmètre.

7.6 Mise en place des mesures de sécurité

Les tableaux de sécurité ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc éolien. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement 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 de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **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.
- **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
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-a
Mesures de sécurité	Système de déduction de la formation de glace.		
Description	Ce système Vestas déduit la formation de glace sur les pales à partir des données de température et de rendement de l'éolienne (l'accumulation de glace alourdit les pales et diminue le rendement de la turbine). Une configuration du système SCADA permet d'alerter les opérateurs par un message type « Ice Climate ». Une mise à l'arrêt est ensuite effectuée de manière automatique ou manuelle, selon le type de contrat. Les procédures de redémarrage sont définies par l'exploitant.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Mise à l'arrêt de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive		

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-b
Mesures de sécurité	Système de détection de glace sur la nacelle.		
Description	Ce système Vestas est composé d'une sonde vibratoire installée sur la nacelle, permettant d'alerter les opérateurs dès que l'accumulation de glace dépasse un certain niveau. Ce dispositif détecte la formation de glace sur la nacelle, et donc par déduction sur les pales. Lorsqu'il y a détection, la mise à l'arrêt de la turbine est automatique ou manuelle, après vérification de la glace formée, selon le type de configuration demandé.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Le système de détection est supervisé par les contrôleurs de la machine. Un warning est envoyé via le SCADA en cas de défaut => maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-c
Mesures de sécurité	Système de détection de glace sur les pales, développé par un fabricant spécialisé.		
Description	Ce dispositif est constitué de capteurs de température et d'accéléromètres installés sur les pales et reliés à un serveur de collecte des données. Le dispositif est alors couplé avec le système SCADA qui met la turbine à l'arrêt en cas de détection de formation de glace sur les pales.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	Testé à la mise en service. Surveillance continue des données, via le serveur du fabricant. Déviation des fréquences des pâles supervisées en permanence.		
Maintenance	Vérification annuelle conformément au manuel du fabricant.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2-a
Mesures de sécurité	Système de dégivrage des pales.		
Description	Ce système fonctionne par pulsation d'air chaud sur les pales. Le système de chauffage est couplé avec le système de déduction de la formation de glace. (Voir cas 1-a)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse			
Efficacité			
Tests			
Maintenance			

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

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Sondes de température sur pièces mécaniques Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.		
Description	Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.		
Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de température de chaque capteur (comparaison avec les données des autres éoliennes du parc). Remplacement de la sonde de température en cas de dysfonctionnement de l'équipement. Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-a
Mesures de sécurité	Détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle.		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 25 m/s pour la V112. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales (le freinage est effectué en tournant ensemble les 3 pales à un angle de 85 à 90°, afin de positionner celles-ci en position où elles offrent peu de prise au vent). Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'inclinaison des pales « Vestas Pitch System ».		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min L'exploitant 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 modifié.		
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 modifié. Tests à chaque maintenance préventive.		
Maintenance	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-b
Mesures de sécurité	Détection de survitesse du générateur		
Description	Les vitesses de rotation du générateur et de l'arbre lent sont mesurées et analysées en permanence par le système de contrôle. Cette mesure redondante permet de limiter les défaillances liées à un seul capteur. En cas de discordance des mesures, l'éolienne est mise à l'arrêt. Si la vitesse de rotation est supérieure à la vitesse d'alarme, l'éolienne est considérée comme étant en survitesse et est donc mise à l'arrêt.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min L'exploitant 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 modifié.		
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 modifié. Tests à chaque maintenance préventive (tous les ans).		
Maintenance	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-c
Mesures de sécurité	Vestas Overspeed Guard » (VOG)		
Description	En complément aux capteurs de mesure de vitesse, un système instrumenté de sécurité est présent (automate totalement indépendant de l'automate de conduite utilisé pour la fonction 4-b), et dispose d'un capteur de vitesse de rotation disposé sur l'arbre lent. Le dépassement d'une vitesse de 17 tours par minute sur l'arbre lent conduit à la mise à l'arrêt de la machine par mise en drapeau des pales (cette mise en drapeau est assurée par le circuit hydraulique avec l'assistance complémentaire des accumulateurs disposés sur les vérins). En cas d'arrêt par survitesse (déclenchement du VOG), l'éolienne ne peut pas être redémarrée à distance. Il est nécessaire de venir acquitter localement le défaut et d'effectuer un contrôle de la machine avant de relancer l'éolienne.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 min Le couplage du système de détection de survitesse au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'exploitant sera ainsi en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		
Efficacité	100 %		
Tests	Lors de la mise en service de l'aérogénérateur, une série de tests (arrêts simples, d'urgence et de survitesse) est réalisée afin de s'assurer du fonctionnement et de la sécurité de l'éolienne conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas. Maintenance conforme aux dispositions des articles 15 et 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques).		
Description	<p>Outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans les nacelles Vestas (qui abritent les divers jeux de barres), sont équipées de détecteurs d'arc électrique. Ce système de capteurs photosensibles a pour objectif de détecter toute formation d'un arc électrique (caractéristique d'un début d'amorçage) qui pourrait conduire à des phénomènes de fusion de conducteurs et de début d'incendie.</p> <p>Le fonctionnement de ces détecteurs commande le déclenchement de la cellule HT située en pied de mât, conduisant ainsi à la mise hors tension de la machine.</p> <p>La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	50 millisecondes Le couplage du système de détection d'arc électrique avec le système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	Les installations électriques font l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. Ce contrôle donne lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé. Des vérifications de tous les équipements électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrés dans le manuel de maintenance préventive Vestas.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.		
Description	<p>Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, les pales sont les éléments les plus sensibles à la foudre. Des pastilles métalliques en acier inoxydable permettant de capter les courants de foudre sont disposées à intervalles réguliers sur les deux faces des pales. Elles sont reliées entre elles par une tresse en cuivre, interne à la pale. Le pied de pale est muni d'une plaque métallique en acier inoxydable, sur une partie de son pourtour, raccordée à la tresse de cuivre. Un dispositif métallique flexible (nommé LCTU – Lightning Current Transfer Unit) assure la continuité électrique entre la pale et le châssis métallique de la nacelle (il s'agit d'un système de contact glissant comportant deux points de contact par pale). Ce châssis est relié électriquement à la tour, elle-même reliée au réseau de terre disposé en fond de fouille.</p> <p>En cas de coup de foudre sur une pale, le courant de foudre est ainsi évacué vers la terre via la fondation et des prises profondes.</p> <p>L'aérogénérateur peut être équipé en option de « copper cap », c'est à dire d'un habillage de l'extrémité de la pale d'une plaque de cuivre qui améliore le captage de l'arc de foudre et assure ainsi une meilleure protection de la pale.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat, dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	<p>1. Sondes de température sur pièces mécaniques. Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.</p> <p>2. Système de détection incendie</p>		
Description	<p>1. Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Les éoliennes sont équipées par défaut d'un système autonome de détection composé de plusieurs capteurs de fumée et de chaleur disposés aux possibles points d'échauffements tels que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La chambre du transformateur - Le générateur - La cellule haute tension - Le convertisseur - Les armoires électriques principales - Le système de freinage. <p>En cas de détection, une sirène est déclenchée, l'éolienne est mise à l'arrêt en « emergency stop » et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât. De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande. Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secours (UPS).</p> <p>Vis-à-vis de la protection incendie, deux extincteurs sont présents dans la nacelle et un extincteur est disponible en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	<p>Temps de détection de l'ordre de la seconde Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel. L'exploitant sera ainsi en mesure de transmettre l'alerte aux services d'Urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.</p>		
Efficacité	100%		
Tests	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	<p>Contrôle tous les ans du système de détection incendie pour être conforme à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2012 Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé. Maintenance prédictive sur les capteurs de température.</p>		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	<p>1. Détecteurs de niveau d'huile et capteurs de pression 2. Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation) 3. Procédure d'urgence 4. Kit antipollution 5. Bacs de rétention</p>		
Description	<p>1. Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale) permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. Toute baisse de pression au-dessous d'un seuil préalablement déterminé, conduit au déclenchement de l'arrêt du rotor (mise en drapeau des pales). Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pales en cas de perte du groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique (situé au plus près du vérin de pale) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pale. La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne. Les niveaux d'huile sont surveillés d'une part au niveau du multiplicateur et d'autre part au niveau du groupe hydraulique. L'atteinte du niveau bas sur le multiplicateur ou sur le groupe hydraulique, déclenche une alarme et conduit à la mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Le circuit de refroidissement (eau glycolée) est équipé d'un capteur de niveau bas, qui en cas de déclenchement conduit à l'arrêt de l'éolienne.</p> <p>3. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Une procédure Vestas en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs.</p> <p>4. En cas de fuite, les véhicules de maintenance Vestas sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...); - de récupérer les déchets absorbés. <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, Vestas se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.</p> <p>5. Des bacs de rétention empêchent l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes cas de fuite importante. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	<p>Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min</p>		
Efficacité	100%		
Tests	<p>Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas. Dépendant du débit de fuite.</p>		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Maintenance	Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié. Surveillance des niveaux d'huile via des outils d'analyses instantanées ou hebdomadaires. Inspection et maintenance curative en fonction du type de déclenchement d'alarme.		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différents assemblages de structure (ex : brides, joints, etc.) Procédures et contrôle qualité		
Description	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. Vestas remet à chacun de ses clients, un document « Type certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005). Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent aux standards IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400 -1 ; 12 ; 23. De plus, des organismes compétents externes, mandatés par l'exploitant du parc, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation. L'article R111-38 du code de la construction et de l'habitation fait référence au contrôle technique de construction. Il est obligatoire, à la charge de l'exploitant et réalisé par des organismes agréés par l'État. Ce contrôle assure la solidité des ouvrages ainsi que la sécurité des biens et des personnes. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Le plan de maintenance Vestas prévoit le contrôle des brides de fixation, des brides de mât, des fixations des pales et le contrôle visuel du mât trois mois puis un an après la mise en service industrielle puis tous les trois ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure de maintenance.		
Description	Préconisation du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	1. Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées. 2. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas 3. CMS (Condition Monitoring System)		
Description	1. Ce point est détaillé dans le chapitre dédié aux maintenances planifiées. 2. L'intégralité des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas est suivie et enregistrée dans une base de données unique. Ces données sont traitées par des algorithmes en permanence afin de détecter, au plus tôt, les dégradations des équipements. Lorsqu'elle est nécessaire, une inspection de l'équipement soupçonné de se dégrader est planifiée. Les algorithmes de détection et de génération d'alarmes sont en amélioration continue. 3. (Préciser si l'option est présente dans l'éolienne) Présence d'un Condition Monitoring System (CMS) qui permet de suivre par une analyse vibratoire continue, l'état des éléments roulants de la chaîne cinématique du rotor, de l'arbre lent, du multiplicateur, de la génératrice et de leur environnement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Entre 12 heures et 6 mois selon le type de dégradation		
Efficacité	NA		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	1. Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents 2. Mise à l'arrêt sur détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle 3. Option « Yaw backup System ». Ce système maintient la turbine face au vent même en cas de coupure du réseau électrique.		
Description	1. En France, la classification de vents des éoliennes fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». Les éoliennes Vestas sont dimensionnées pour chacune de ces classes. Il est donc important de faire correspondre la classe du site avec la classe de la turbine 2. Les éoliennes sont mises à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 25 m/s pour la V112. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales. Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales « Vestas Pitch System ». 3. Option le « Yaw backup System ». Ce système maintient la turbine face au vent même en cas de coupure du réseau électrique.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise drapeau des pales < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.		
Maintenance	Tous les ans.		

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 et par l'arrêté du 10 décembre 2021.

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.

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	N° de la fonction de sécurité	13
Mesures de sécurité	NA		
Description			
Indépendance			
Temps de réponse			
Efficacité			
Tests			
Maintenance			

7.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	<p>En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m² n'est pas atteinte (pour rappel, la nacelle dans le cas présent est à 85 m).</p> <p>Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 modifié encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.</p> <p>Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.</p>
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	<p>En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 modifié [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)</p>
Infiltration d'huile dans le sol	<p>En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.</p> <p>Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.</p>

Tableau 12: Scénarios exclus de l'étude détaillée

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

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

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

CHAPITRE 8. ETUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

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

8.1 Rappel des définitions

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

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

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

Dans le cadre d'une étude de dangers pour des aérogénérateurs, il est supposé, de manière prudente, que tous les accidents considérés ont une cinétique rapide.

Ce paramètre ne sera donc pas détaillé à nouveau dans chacun des phénomènes redoutés étudiés par la suite.

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 [13]).

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

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

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

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

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

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

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

Tableau 13: Grille de cotation en intensité issue du guide technique

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

8.1.3 Gravité

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

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

Tableau 14: Grille de cotation en gravité de l'arrêté du 29 septembre 2005

■ Méthodologie et hypothèse de travail des comptages

Cf. § 3.4 Cartographie de synthèse

§ 3.4.1 Méthodologie de comptage, p.19

§ 3.4.2 Hypothèses de travail, p.19

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 :

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

Tableau 15: Grille de cotation en probabilité de l'arrêté du 29 septembre 2005

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

Cf. Annexe 4 : Annexe 1.D du guide technique, probabilité d'atteinte et risque individuel

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.

8.1.5 Acceptabilité

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

L'analyse d'acceptabilité est basée sur la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 et reprise dans la circulaire du 10 mai 2010.

L'acceptabilité résulte du croisement entre probabilité d'occurrence et gravité de l'accident.

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

Tableau 16: Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010

Légende de la matrice :

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

8.2 Sélection de l'éolienne la plus impactante

Le modèle d'aérogénérateur n'étant pas encore retenu (il sera choisi après délivrance des autorisations administratives nécessaires), l'étude de dangers a été réalisée de manière à se placer dans les conditions les plus impactantes.

Pour cela, le degré d'exposition (Cf. détail des calculs Tableau 19 : Scénario d'effondrement – calcul de l'intensité page suivante par exemple) a été calculé pour chaque phénomène et pour les deux modèles d'éolienne envisagés d'après leurs dimensions respectives (Cf. Tableau 4: Caractéristiques des deux modèles d'aérogénérateurs envisagés, p.23).

Le résultat des calculs est présenté dans le tableau suivant :

Scénario	Modèle d'éolienne	
	Vestas V110	Vestas V100
Effondrement d'éolienne	0,9871 %	1,0567 %
Chute de glace	0,0102 %	0,0124 %
Chute d'élément	0,989 %	1,195 %
Projection de pale ou de fragment de pale	0,012 %	0,012 %
Projection de glace	0,0004 %	0,0004 %

Tableau 17: Degré d'exposition calculé par phénomène et par modèle d'éolienne

Les degrés d'exposition ainsi calculés ont permis d'évaluer l'intensité des phénomènes pour chaque modèle d'éolienne envisagé :

Nota pour mémoire :

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

Grille de cotation en intensité issue du guide technique

Scénario	Modèle d'éolienne	
	Vestas V110	Vestas V100
Effondrement d'éolienne	Exposition modérée	Exposition forte
Chute de glace	Exposition modérée	Exposition modérée
Chute d'élément	Exposition modérée	Exposition forte
Projection de pale ou de fragment de pale	Exposition modérée	Exposition modérée
Projection de glace	Exposition modérée	Exposition modérée

Tableau 18: Intensité des phénomènes selon le modèle d'éolienne

Compte tenu de ses dimensions, l'éolienne V100 présente une intensité forte pour deux scénarios, tandis que la V110 présente une intensité moyenne quelque soit le scénario.

Afin de se placer dans des conditions majorantes, les calculs présentés dans l'analyse détaillée des risques (ci-après) sont par conséquent ceux effectués avec les dimensions de la Vestas V100.

8.3 Caractérisation des scénarios retenus

Toutes les formules employées dans ce chapitre sont issues du guide technique INERIS/SER FEE.

Nota : Le modèle d'éolienne n'étant pas encore décidé, les calculs présentés ici sont réalisés avec les dimensions de l'éolienne la plus impactante susceptible d'être retenue pour le projet, la Vestas V100 (Cf. § 8.2 page précédente).

8.3.1 Effondrement de l'éolienne

■ Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 135 m dans le cas des éoliennes du parc éolien de la Vallée de Boves.

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

■ 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 suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc de la Vallée de Boves, avec :

- R la longueur d'une pale (R= 49 m),
- H la hauteur du moyeu (H= 85 m),
- D/2 la longueur d'un demi diamètre (D/2= 50 m),
- L la largeur du mât (L= 3,65 m),
- LB la largeur maximale de la pale (corde) (LB= 3,93 m).

Effondrement de l'éolienne

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

Soit $H+D/2= 135$ m pour la Vestas V100-85mHH

Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$(H) \times L + 3 \times D/2 \times LB/2$	$= \pi \times (H+D/2)^2$		
695,00 m ²	57 255,53 m ²	1,0567 %	Exposition forte

Tableau 19: Scénario d'effondrement – calcul de l'intensité

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

■ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (Cf. § 8.1 « Rappel des définitions »), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

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

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

2 Dans le guide technique les formules initiales est : $(H) \times L + 3 \times R \times LB/2$ et $\pi \times (H+R)^2$. Toutefois, la longueur de la pale R étant inférieure à la demi-longueur du rotor (D/2), et H étant la hauteur du mât au moyeu, les formules $(H) \times L + 3 \times D/2 \times LB/2$ et $\pi \times (H+D/2)^2$ nous semblent plus représentatives.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)				
Eol.	Terrains dans la zone d'effet (zone agricole, boisements, voie communale, chemins d'exploitation)*		Comptage du nombre de personnes total	Gravité
	Surface en m ²	Comptage du nombre de personnes sur la zone		
E1	57 255,53	0,57	0,57	Sérieux
E2	57 255,53	0,57	0,57	Sérieux
E3	57 255,53	0,57	0,57	Sérieux
E4	57 255,53	0,57	0,57	Sérieux
E5	57 255,53	0,57	0,57	Sérieux

(*) le comptage des chemins d'exploitation est pris en compte dans le comptage du terrain – Cf. § 3.4.2 Hypothèses de travail, p.19

Tableau 20: Scénario d'effondrement – cotation de la gravité

■ Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	4,5 x 10 ⁻⁴	Retour d'expérience
Specification of minimum distances [6]	1,8 x 10 ⁻⁴ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience³, soit une probabilité de 4,47 x 10⁻⁴ par éolienne et par an.

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

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

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

³ 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.

■ 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 100 personnes sont exposées.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien de la Vallée de Boves, 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)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable

Tableau 21: Scénario d’effondrement – acceptabilité du risque

Ainsi, pour le parc éolien de la Vallée de Boves, le phénomène d’effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.3.2 Chute de glace

■ Considérations générales

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

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

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

■ 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 d’après le guide INERIS. Toutefois, le moyeu ne se situant pas tout à fait dans l’axe du mât, le diamètre de la zone de survol (D_s) est légèrement supérieur au diamètre du rotor (D).

Cf. Illustration 8: Plans et dimensions de l’éolienne Vestas V100-HH85m, p.24

Pour le parc éolien, la zone d’effet a donc un rayon de 50,65 mètres. Il convient de noter que lorsque l’éolienne est à l’arrêt, les pales n’occupent qu’une faible partie de cette zone.

■ Intensité

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

Le tableau suivant permet d’évaluer l’intensité du phénomène de chute de glace, avec :

- Z_i la zone d’impact,
- Z_e la zone d’effet,
- R la longueur de pale ($R= 49$ m),
- $D_s/2$ la longueur du demi-diamètre de la zone de survol, ($D_s/2= 50,65$ m),
- SG la surface du morceau de glace majorant ($SG= 1$ m²).

Chute de glace (dans un rayon égal à la zone de survol) Soit 50,65 m pour la Vestas V100-85mHH			
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 (Ds/2) ² ⁴		
1,0 m ²	8 059,51 m ²	0,0124 %	Exposition modérée

Tableau 22: Scénario chute de glace – calcul de l'intensité

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

■ Gravité

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

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

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

⁴ Dans le guide technique la formule initiale est : π x R². Toutefois, la longueur de la pale R étant inférieure à la demi-longueur de la zone de survol (Ds/2), la formule π x (Ds/2)² nous semble plus représentative.

Chute de glace (dans un rayon égal à la zone de survol)				
Eol.	Terrains dans la zone d'effet (zones agricoles, boisements, voie communale, chemins d'exploitation)*		Comptage du nombre de personnes total	Gravité
	Surface en m ²	Comptage du nombre de personnes sur la zone		
E1	8 059,51	0,081	0,081	Modéré
E2	8 059,51	0,081	0,081	Modéré
E3	8 059,51	0,081	0,081	Modéré
E4	8 059,51	0,081	0,081	Modéré
E5	8 059,51	0,081	0,081	Modéré

(*) le comptage des chemins d'exploitation est pris en compte dans le comptage du terrain – Cf. § 3.4.2 Hypothèses de travail, p.19

Tableau 23: Scénario chute de glace – cotation de la gravité

■ Probabilité

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

■ Acceptabilité

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

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $Ds/2$ = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable

Tableau 24: Scénario chute de glace – acceptabilité du risque

Ainsi, pour le parc éolien de la Vallée de Boves, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

Il convient également de rappeler que, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'article 10 du 22 juin 2020 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, c'est-à-dire en amont de la zone d'effet de ce phénomène. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

8.3.3 Chute d'éléments de l'éolienne

■ Zone d'effet

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor d'après le guide INERIS. Toutefois, le moyeu ne se situant pas tout à fait dans l'axe du mât, le diamètre de la zone de survol (Ds) est légèrement supérieur au diamètre du rotor (D).

Cf. Illustration 8: Plans et dimensions de l'éolienne Vestas V100-HH85m, p.24

Pour le parc éolien, la zone d'effet a donc un rayon de 50,65 mètres.

■ 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 suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien, avec :

- d le degré d'exposition,
- Z_i la zone d'impact,
- Z_e la zone d'effet,
- R la longueur de pale (R= 49 m),
- LB la largeur maximale de la pale (corde) (LB= 3,93 m).
- $Ds/2$ la longueur du demi-diamètre de la zone de survol, ($Ds/2= 50,65$ m).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon égal à la zone de survol) Soit 50,65m pour la Vestas V100-85mHH			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \cdot LB/2$	$Z_e = \pi \times (Ds/2)^2$ ⁵		
96,285 m ²	8 059,51 m ²	1,195 %	Exposition forte

Tableau 25: Scénario chute d'éléments de l'éolienne – calcul de l'intensité

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

■ Gravité

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

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

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

⁵ Dans le guide technique la formule initiale est : $\pi \times R^2$. Toutefois, la longueur de la pale R étant inférieure à la demi-longueur de la zone de survol (Ds/2), la formule $\pi \times (Ds/2)^2$ nous semble plus représentative.

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon égal à la zone de survol)				
Eol.	Terrains dans la zone d'effet (zones agricoles, boisements, voie communale, chemins d'exploitation)*		Comptage du nombre de personnes total	Gravité
	Surface en m ²	Comptage du nombre de personnes sur la zone		
E1	8 059,51	0,081	0,081	Sérieux
E2	8 059,51	0,081	0,081	Sérieux
E3	8 059,51	0,081	0,081	Sérieux
E4	8 059,51	0,081	0,081	Sérieux
E5	8 059,51	0,081	0,081	Sérieux

(*) le comptage des chemins d'exploitation est pris en compte dans le comptage du terrain – Cf. § 3.4.2 Hypothèses de travail, p.19

Tableau 26: Scénario chute d'éléments de l'éolienne – cotation de la gravité

■ Probabilité

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes. Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47×10^{-4} événement par éolienne et par an).

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

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

■ Acceptabilité

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

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

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

Tableau 27: Scénario chute d'éléments de l'éolienne – acceptabilité du risque

Ainsi, pour le parc éolien de la Vallée de Boves, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.3.4 Projection de pales ou de fragments de pales

■ Zone d'effet

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

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne [3].

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

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

■ 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 suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne, avec :

- d le degré d'exposition,
- Z_i la zone d'impact,
- Z_e la zone d'effet,
- R la longueur de pale (R= 49 m),
- LB la largeur maximale de la pale (corde) (LB= 3,93 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
$Z_i=R*LB/2$	$Z_e= \pi \times (500)^2$		
96,285 m ²	785 398,2	0,012 %	Exposition modérée

Tableau 28: Scénario projection de pales ou de fragments de pales – calcul de l'intensité

■ Gravité

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

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

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)				
Eol.	Terrains dans la zone d'effet (zones agricoles, boisements, voie communale, chemins d'exploitation)*		Comptage du nombre de personnes total	Gravité
	Surface en m ²	Comptage du nombre de personnes sur la zone		
E1	785 398,2	7,854	7,854	Sérieux
E2	785 398,2	7,854	7,854	Sérieux
E3	785 398,2	7,854	7,854	Sérieux
E4	785 398,2	7,854	7,854	Sérieux
E5	785 398,2	7,854	7,854	Sérieux

(*) le comptage des chemins d'exploitation est pris en compte dans le comptage du terrain – Cf. § 3.4.2 Hypothèses de travail, p.19

Tableau 29: Scénario projection de pales ou de fragments de pales – cotation de la gravité

■ Probabilité

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

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

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

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

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *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 modifié relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection.

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

■ Acceptabilité

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

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable

Tableau 30: Scénario projection de pales ou de fragments de pales – acceptabilité du risque

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

8.3.5 Projection de glace

■ Zone d'effet

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

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

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

Soit 277,5 m dans le cas du projet de la Vallée de Boves.

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

■ 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 suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace, avec :

- d est le degré d'exposition,
- Z_i est la zone d'impact,
- Z_e est la zone d'effet,
- D est la longueur du diamètre du rotor (D=100 m),
- H est la hauteur au moyeu (H=85 m),
- SG est la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne) Soit 277,5 m pour la Vestas V100-85mHH			
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	$ZE = \pi \times (1,5 \times (H+D))^2$ ⁶		
1,0 m ²	241 922,27 m ²	0,0004%	Exposition modérée

Tableau 31: Scénario projection de glace – calcul de l'intensité

■ Gravité

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

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

Il a été observé dans la littérature disponible [17] qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale.

La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.

⁶ Dans le guide technique la formule initiale est : $ZE = \pi \times 1,5 \times (H+2R)^2$, or $H+2R$ ne correspond pas $H+D$ préconisée dans l'étude [15], car R ne tient pas compte de la taille du moyeu.

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne)				
Eol.	Terrains dans la zone d'effet (zones agricoles, boisements, voie communale, chemins d'exploitation)*		Comptage du nombre de personnes total	Gravité
	Surface en m ²	Comptage du nombre de personnes sur la zone		
E1	241 922,27	2,42	2,42	Sérieux
E2	241 922,27	2,42	2,42	Sérieux
E3	241 922,27	2,42	2,42	Sérieux
E4	241 922,27	2,42	2,42	Sérieux
E5	241 922,27	2,42	2,42	Sérieux

(*) le comptage des chemins d'exploitation est pris en compte dans le comptage du terrain – Cf. § 3.4.2 Hypothèses de travail, p.19

Tableau 32: Scénario projection de glace – cotation de la gravité

■ 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 modifié ;
- le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace ;

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

■ Acceptabilité

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

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne)			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage *	Niveau de risque
E1	Sérieux	oui	Acceptable
E2	Sérieux	oui	Acceptable
E3	Sérieux	oui	Acceptable
E4	Sérieux	oui	Acceptable
E5	Sérieux	oui	Acceptable

Tableau 33: Scénario projection de glace – acceptabilité du risque

* Pour rappel, voici la liste des systèmes de détection ou déduction de la formation de glace :

- courbe de puissance (déviation de la courbe de puissance due à une perturbation de la portance des pales),
- anémomètre (comparaison des mesures de vent de deux anémomètres sur la nacelle, l'un étant de technologie ultrasonique et chauffé, l'autre étant à coupelles et non chauffé),
- paramètres climatiques (contrôle permanent de la température extérieure et de l'humidité de l'air).

Cf. Fonctions de sécurité n°1a et 1b, p.50

Ainsi, pour le parc éolien de la Vallée de Boves, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.4 Synthèse de l'étude détaillée des risques

8.4.1 Tableau de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Il regroupe les éoliennes qui ont le même profil de risque.

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité	
S1	Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale Soit 135 m	Rapide	Exposition forte	D (car éoliennes récentes) ⁷	Sérieux Pour toutes les éoliennes
S2	Chute de glace	Zone de survol Soit 50,65 m	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré Pour toutes les éoliennes
S3	Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol Soit 50,65 m	Rapide	Exposition forte	C	Sérieux Pour toutes les éoliennes
S4	Projection de pale ou de fragments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (car éoliennes récentes) ⁸	Sérieux Pour toutes les éoliennes
S5	Projection de glace	1,5 x (H + D) autour de l'éolienne Soit 277,5 m	Rapide	Exposition modérée	B	Sérieux Pour toutes les éoliennes

Tableau 34: Synthèse de la cotation des risques – étude détaillée

Les scénarios ci-dessus sont repris dans la matrice d'acceptabilité (voir paragraphe suivant).

⁷ Voir paragraphe 8.3.1

⁸ Voir paragraphe 8.3.4

8.4.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques

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 et reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus, sera utilisée.

Les scénarios étudiés et synthétisés précédemment sont insérés dans la matrice de la circulaire :

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		S1 S4	S3	S5	
Modéré					S2

Tableau 35: Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010

Légende de la matrice :

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

Rappel des scénarios

S1	Effondrement de l'éolienne
S2	Chute de glace
S3	Chute d'éléments de l'éolienne
S4	Projection de pale ou fragments
S5	Projection de glace

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 au paragraphe 7.6 p.50 sont mises en place.

8.4.3 Cartographie des risques

La cartographie des risques a été réalisée. Elle indique les différents périmètres de risques ainsi que les enjeux vulnérables identifiés.

Cf. Carte des risques : E1, p.77

Carte des risques : E2, p.78

Carte des risques : E3, p.79

Carte des risques : E4, p.80

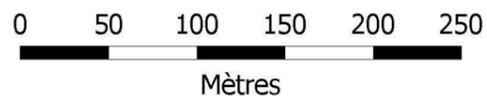
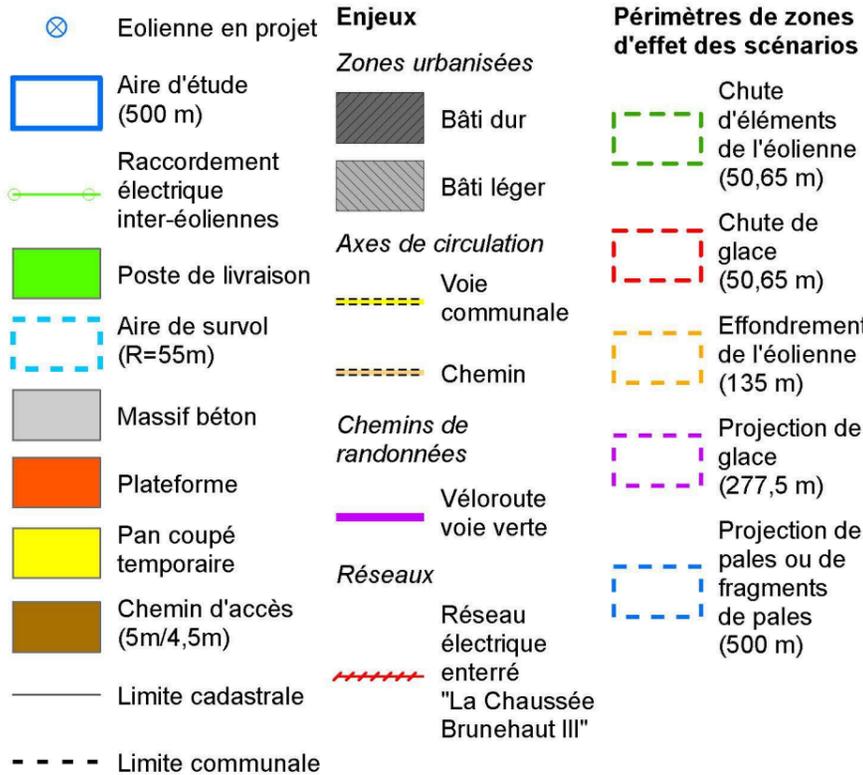
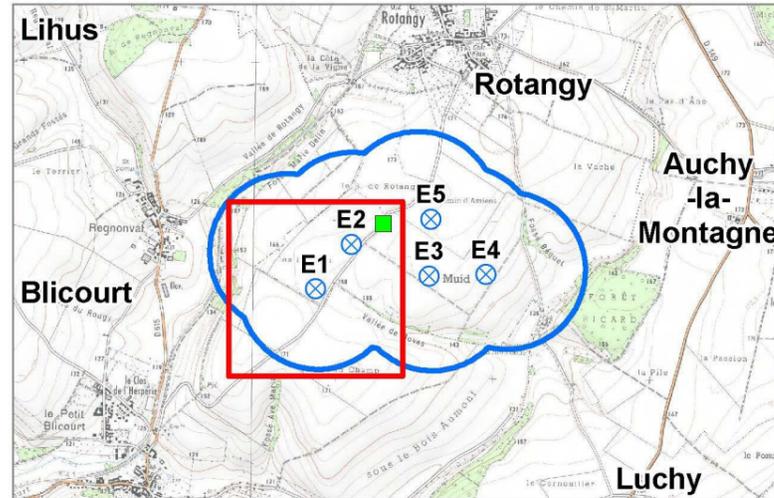
Carte des risques : E5, p.81

NOUVERGIES

Projet de parc éolien de la Vallée de Boves

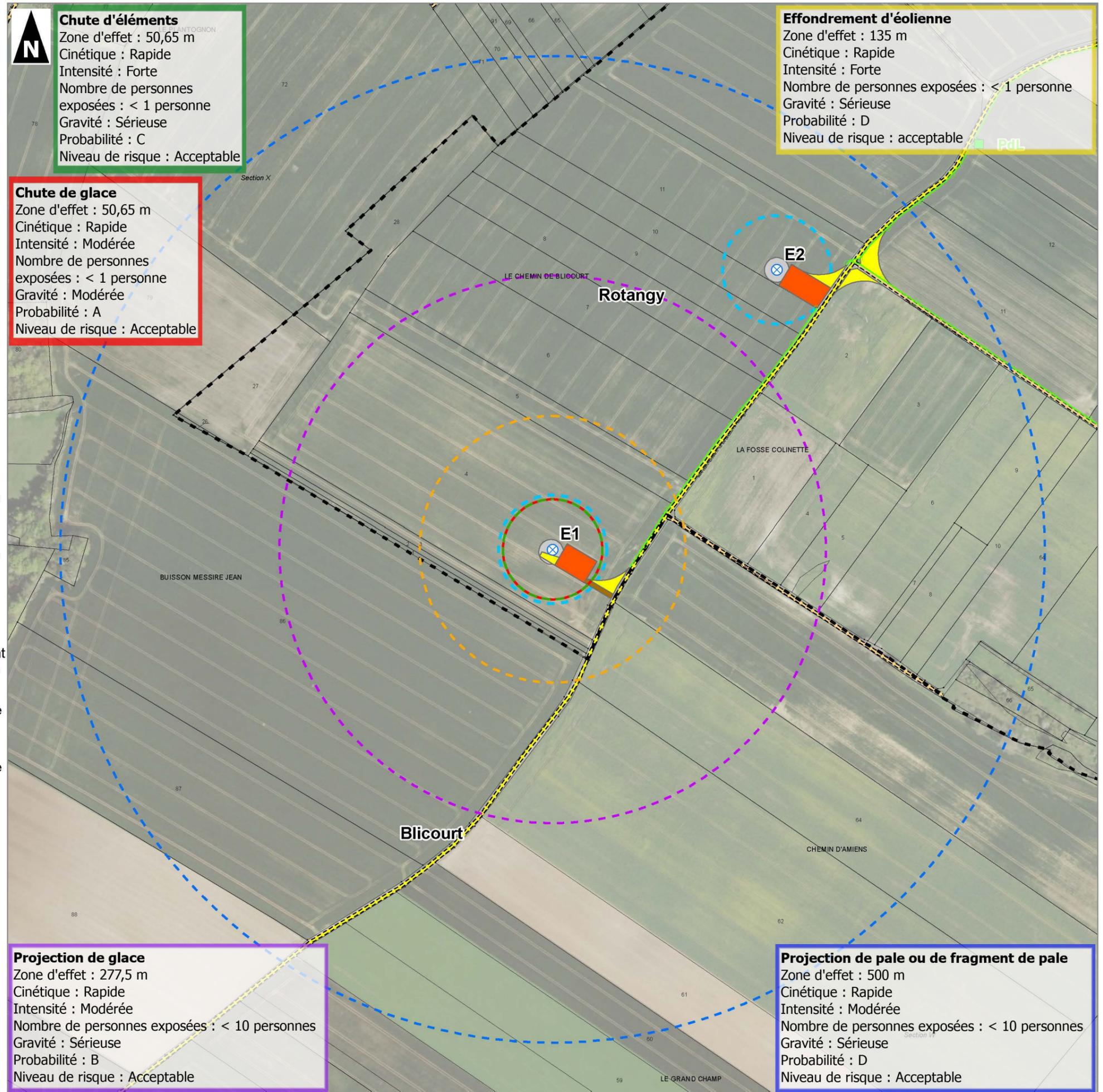
Étude de dangers

Carte des risques - Eolienne E1



1:4 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

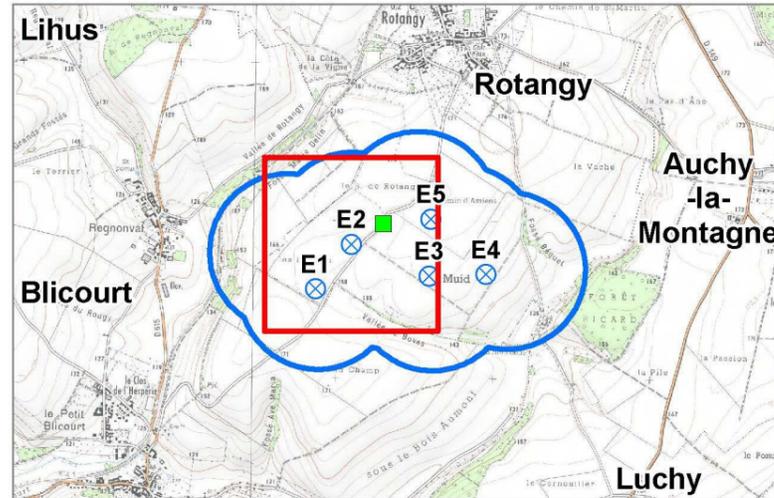


NOUVERGIES

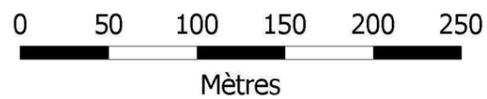
Projet de parc éolien de la Vallée de Boves

Étude de dangers

Carte des risques - Eolienne E2

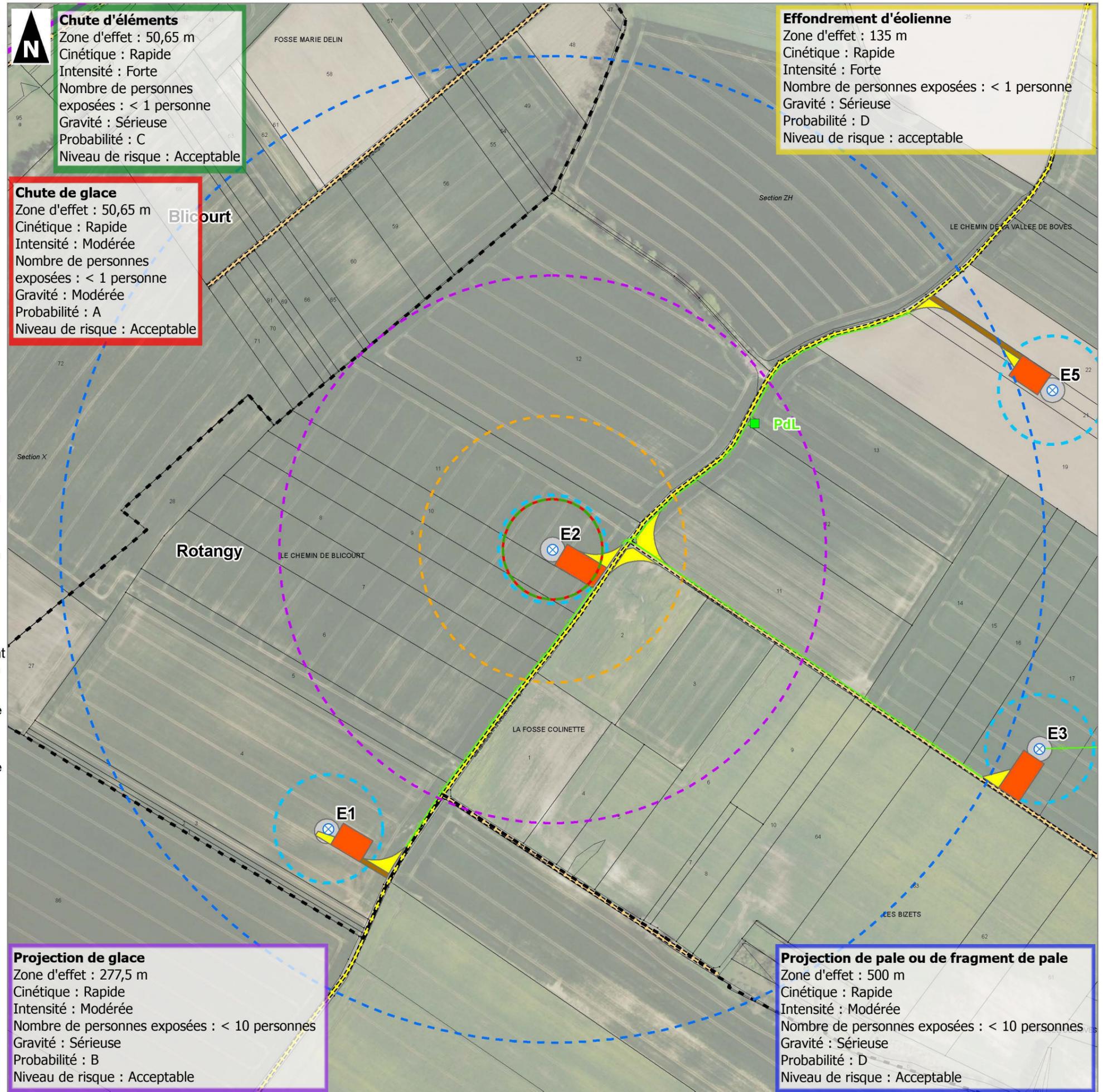


- | | | |
|---|---|--|
| ⊗ Eolienne en projet | Enjeux | Périmètres de zones d'effet des scénarios |
| Aire d'étude (500 m) | Zones urbanisées | Chute d'éléments de l'éolienne (50,65 m) |
| Raccordement électrique inter-éoliennes | Bâti dur | Chute de glace (50,65 m) |
| Poste de livraison | Bâti léger | Effondrement de l'éolienne (135 m) |
| Aire de survol (R=55m) | Axes de circulation | Projection de glace (277,5 m) |
| Massif béton | Voie communale | Projection de pales ou de fragments de pales (500 m) |
| Plateforme | Chemin | |
| Pan coupé temporaire | Chemins de randonnées | |
| Chemin d'accès (5m/4,5m) | Véloroute voie verte | |
| Limite cadastrale | Réseaux | |
| Limite communale | Réseau électrique enterré "La Chaussée Brunehaut III" | |



1:4 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

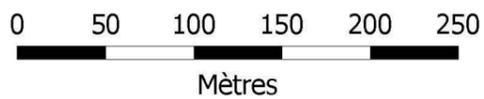
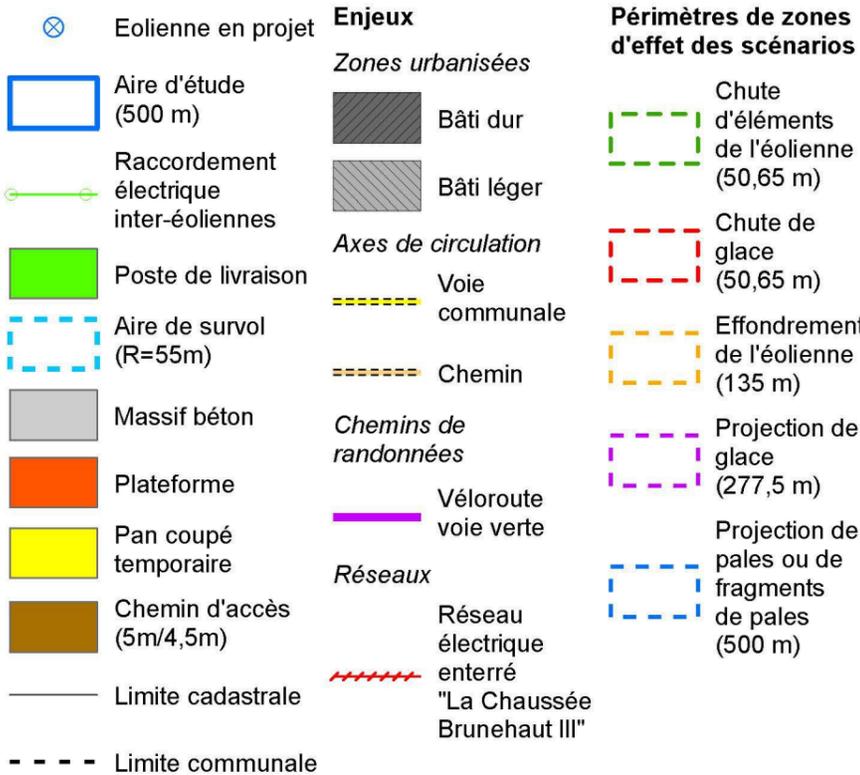
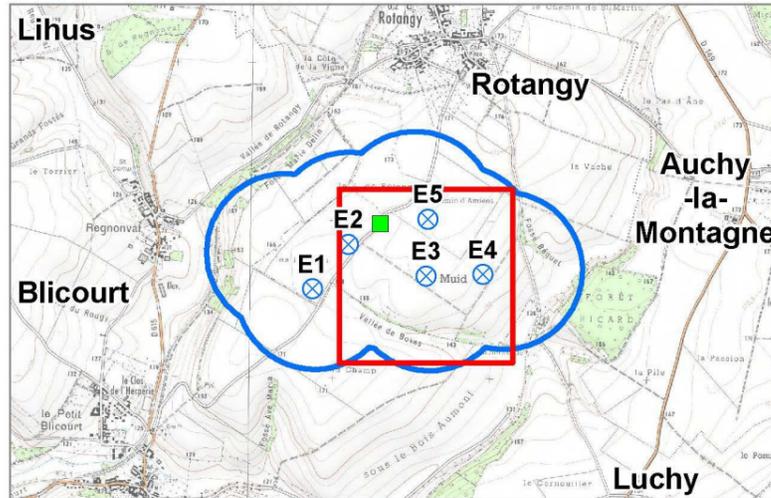


NOUVERGIES

Projet de parc éolien de la Vallée de Boves

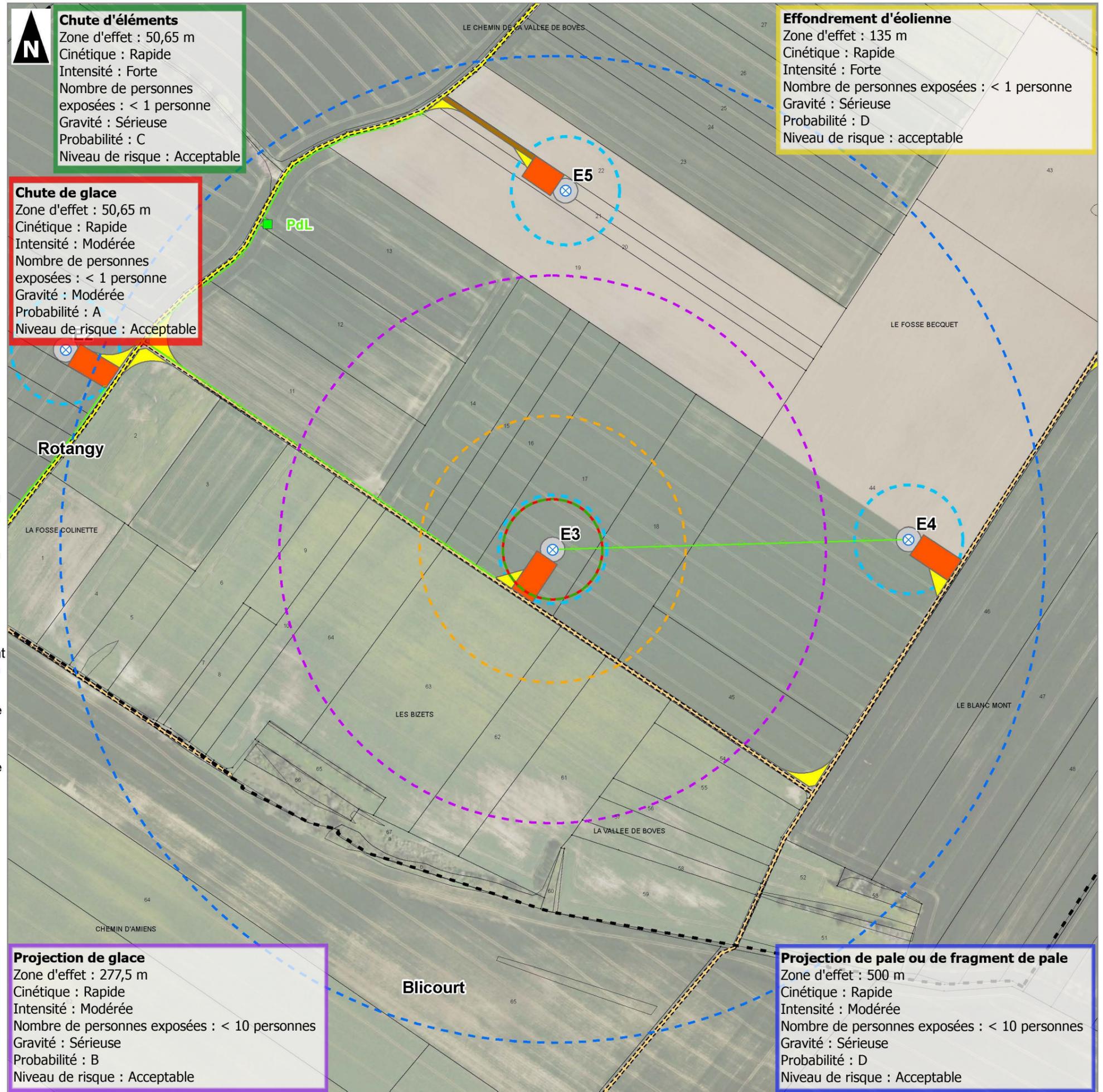
Étude de dangers

Carte des risques - Eolienne E3



1:4 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

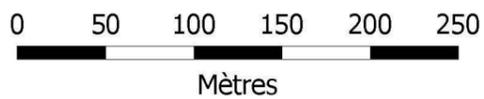
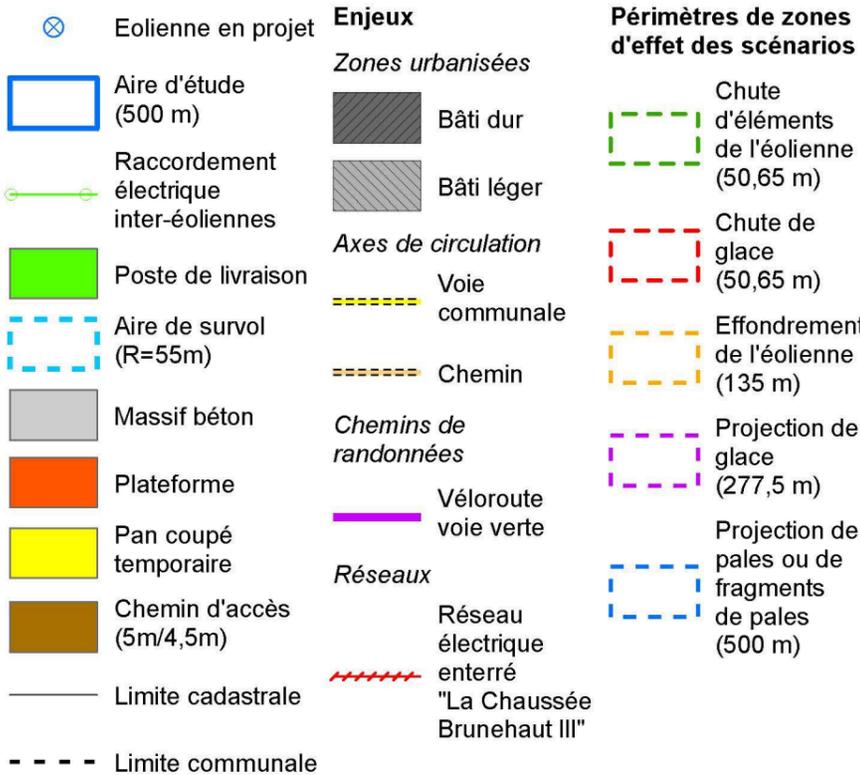
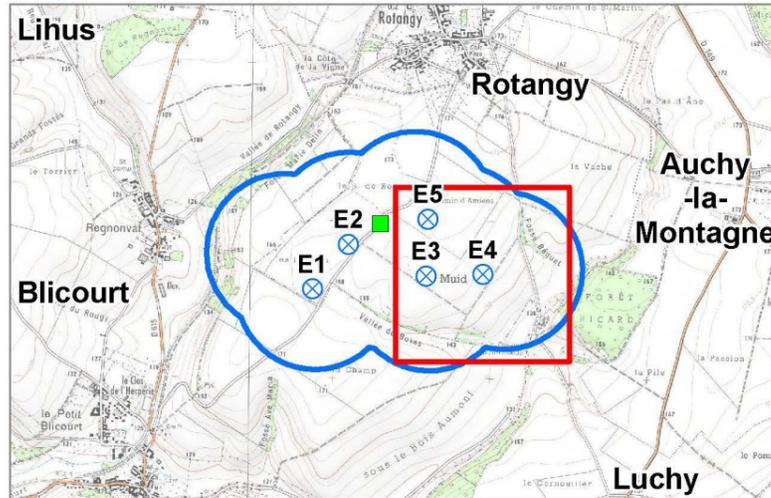


NOUVERGIES

Projet de parc éolien de la Vallée de Bovès

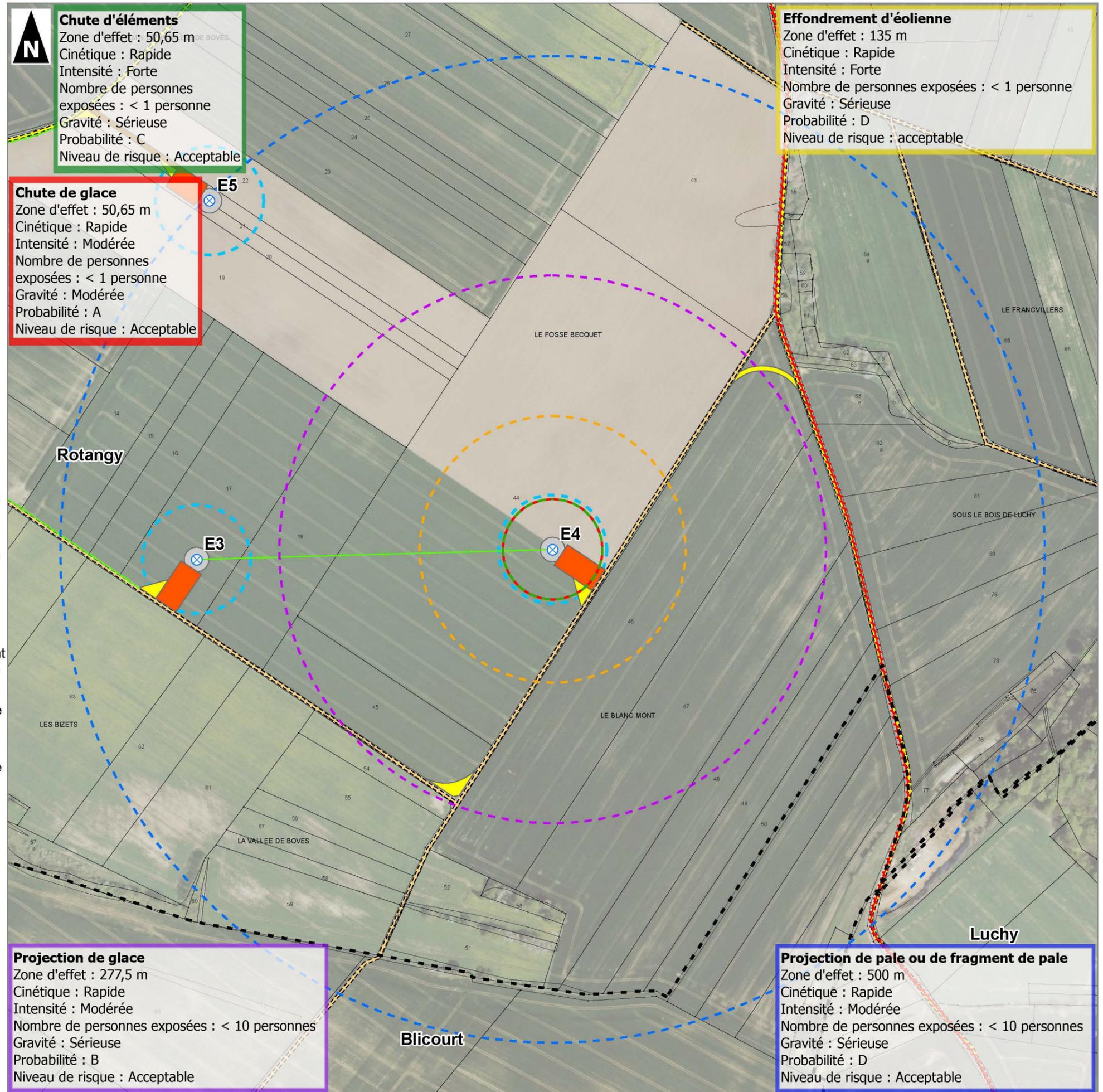
Étude de dangers

Carte des risques - Eolienne E4



1:4 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

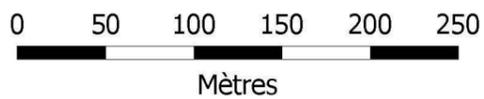
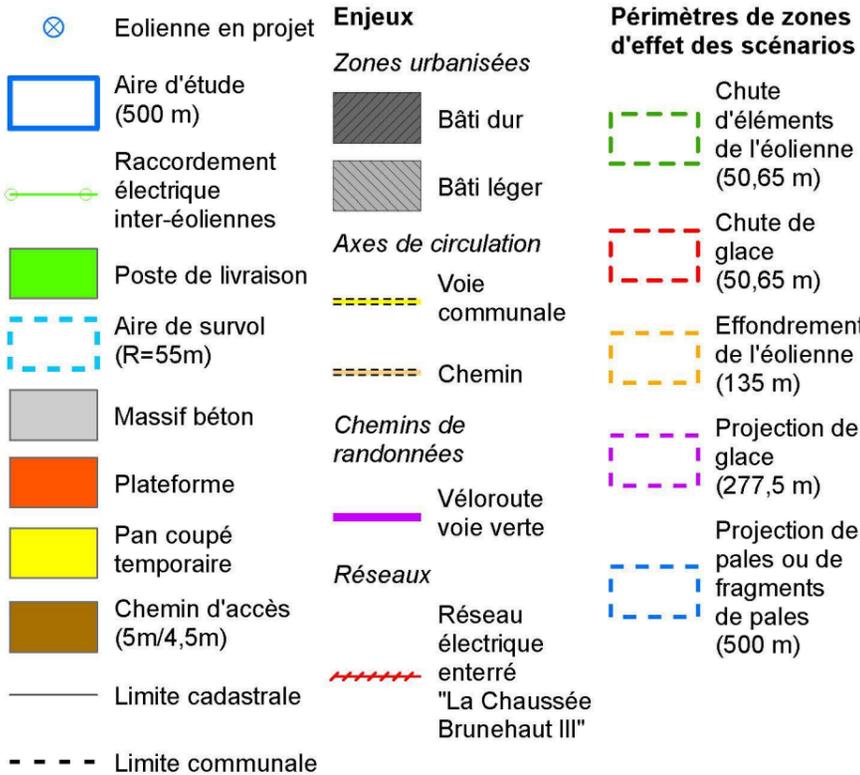
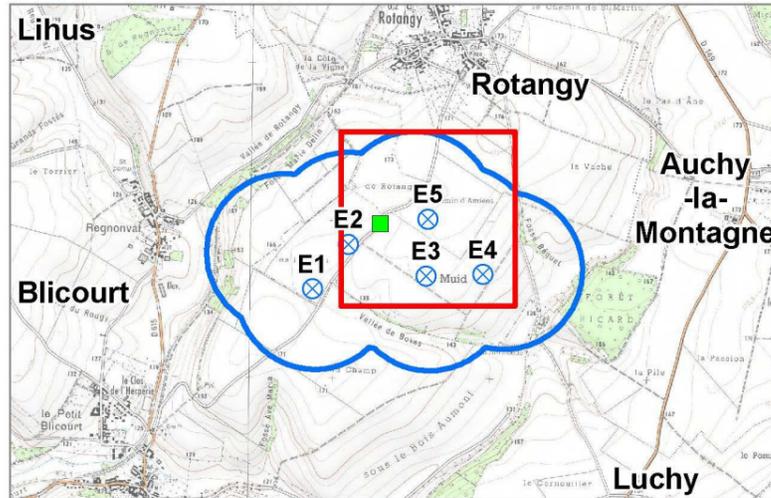


NOUVERGIES

Projet de parc éolien de la Vallée de Boves

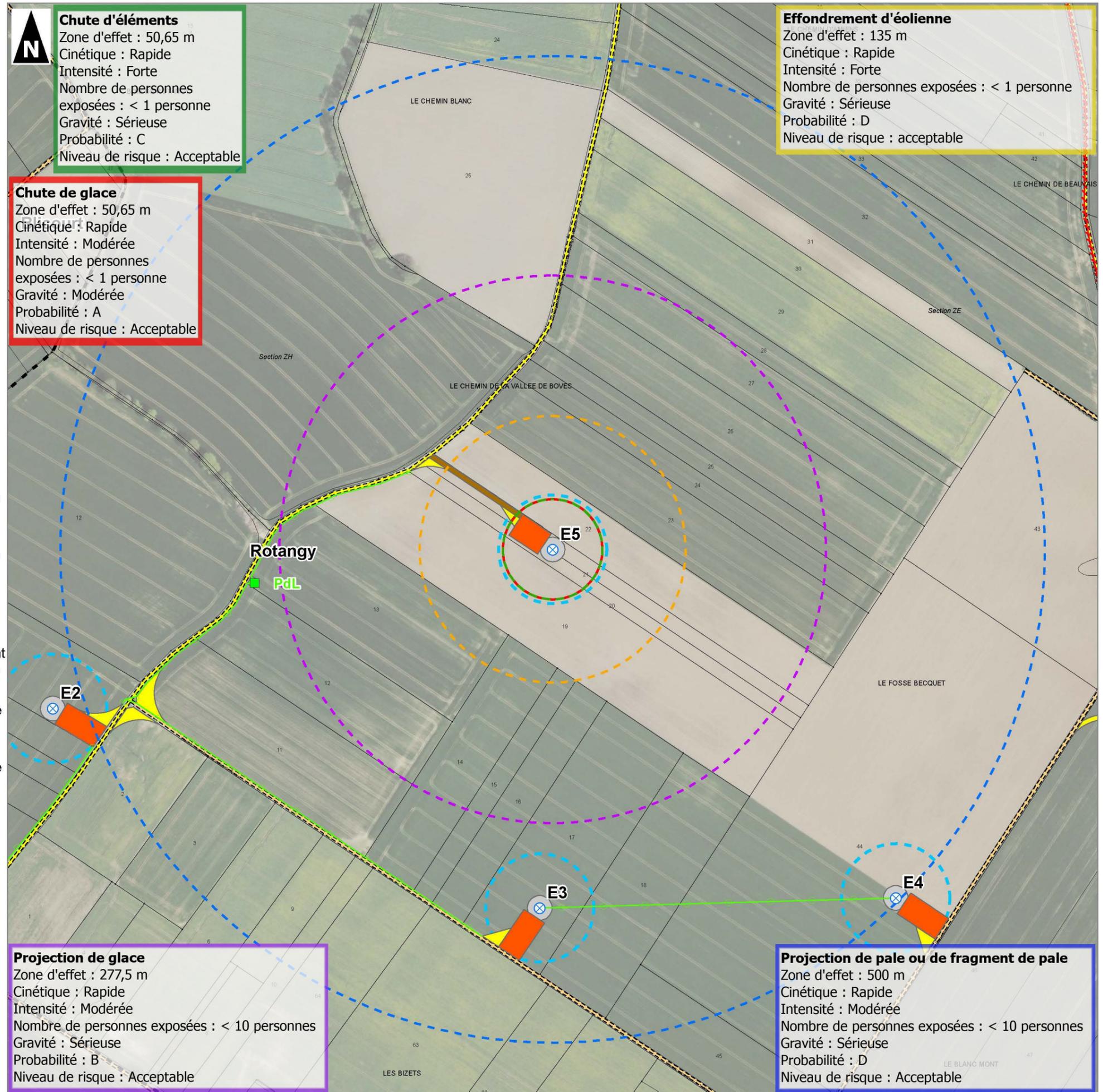
Étude de dangers

Carte des risques - Eolienne E5



1:4 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)



CHAPITRE 9. CONCLUSION

Après la description de l'installation et de son environnement, il ressort que les potentiels de dangers d'un parc éolien sont relatifs :

- à des causes externes :
 - Présence d'ouvrages (voies de communications, réseaux) ;
 - Risques naturels (vents violents, foudre, mouvements de terrains, tremblements de terres, inondations) ;
- à des causes internes liées au fonctionnement des machines et aux produits utilisés :
 - Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, pale, etc.) ;
 - Projection d'éléments (morceaux de pale, brides de fixation, etc.) ;
 - Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
 - Echauffement de pièces mécaniques ;
 - Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

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

Pour chaque scénario d'accident, l'étude a procédé à une analyse systématique des mesures de maîtrise des risques.

Cinq catégories de scénarios sont ressorties de l'analyse préliminaire et font l'objet d'une étude détaillée des risques :

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

Ces scénarios regroupent plusieurs causes et séquences d'accident. Une cotation en intensité, probabilité, gravité et cinétique de ces événements permet de caractériser les risques pour toutes les séquences d'accidents.

Une recherche d'enjeux humains vulnérables a été réalisée dans chaque périmètre d'effet des cinq scénarios d'accident, permettant de repérer les interactions possibles entre les risques et les enjeux.

La cotation en gravité et probabilité pour chacune des éoliennes permet de classer le risque de chaque scénario selon la grille de criticité employée et inspirée de la circulaire du 10 mai 2010.

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

L'exploitant a mis en œuvre des mesures adaptées pour maîtriser les risques :

- l'implantation permet d'assurer un éloignement suffisant des zones fréquentées,
- l'exploitant respecte les prescriptions générales de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 et l'arrêté du 10 décembre 2021,
- les systèmes de sécurité des aérogénérateurs sont adaptés aux risques.

Les systèmes de sécurité des aérogénérateurs seront maintenus dans le temps et testés régulièrement en conformité avec la section 4 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 et l'arrêté du 10 décembre 2021.

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 actuelles.

ANNEXES

Annexe 1 : Bibliographie

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011 ;
- [2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006 ;
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum ;
- [4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24 ;
- [5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005 ;
- [6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004 ;
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006 ;
- [8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005 ;
- [9] Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement ;
- Arrêté du 22 juin 2020 modifiant 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 ;
- Arrêté du 10 décembre 2021 modifiant l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement ;
- [10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003 ;
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne ;
- [13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- [14] Alpine test site Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al. ;
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000 ;
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteutrois J.-P. - juillet 2004 ;
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003 ;
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005.

Annexe 2 : Certificat de conformité VESTAS

PUBLIC



TYPE CERTIFICATE

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-13
 Issued: 2020-10-09
 Valid until: 2025-04-29

Issued for:

Vestas V100-2 MW 50 Hz VCS Mk 10

Specified in Annex 1

Issued to:

Vestas Wind Systems A/S

Hedeager 42
 8200 Aarhus N
 Denmark

According to:

IEC 61400-22:2010-05 Wind turbines – Part 22: Conformity testing and certification BEK 73:2013 Bekendtgørelse om teknisk certificerings-ordning for vindmøller

Based on the documents:

DB-DNVGL-SE-0074-00196-9	Design Basis Conformity Statement, dated 2020-10-09
DE-DNVGL-SE-0074-00197-10	Design Evaluation Conformity Statement, dated 2020-10-09
TT-DNVGL-SE-0074-00199-9	Type Test Conformity Statement, dated 2020-10-09
ME-DNVGL-SE-0074-00198-12	Manufacturing Conformity Statement, dated 2020-10-09
TCM-DNVGL-SE-0074-00753-8	Type Characteristics Measurements Conformity Statement, dated 2020-10-09
FER-TC-DNVGL-SE-0074-00195-13	Final Evaluation Report, dated 2020-10-09

Changes of the system design, the production and erection or the manufacturer's quality system are to be approved by DNV GL.

Hellerup, 2020-10-09

For DNV GL Renewables Certification

Bente Vestergaard

Bente Vestergaard
 Service Line Leader for Type Certification



By DAKKS according DIN EN IEC/ISO 17065 accredited Certification Body for products. The accreditation is valid for the fields of certification listed in the certificate.

Hamburg, 2020-10-09

For DNV GL Renewables Certification

Pablo Buriticá

Pablo Buriticá
 Project Manager

Original Instruction: T05 0051-7379 VER 14

T05 0051-7379 Ver 14 - Approved- Exported from DMS: 2020-11-04 by FAFCA

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkai 18, 20457 Hamburg.
 DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.
 VESTAS PROPRIETARY NOTICE: This document contains valuable confidential information of Vestas Wind Systems A/S. It is protected by copyright law as an unpublished work. Vestas reserves all patent, copyright, trade secret, and other proprietary rights to it. The information in this document may not be used, reproduced, or disclosed except if and to the extent rights are expressly granted by Vestas in writing and subject to applicable conditions. Vestas disclaims all warranties except as expressly granted by written agreement and is not responsible for unauthorized uses, for which it may pursue legal remedies against responsible parties.

PUBLIC



TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-13 Page 2 of 6

Wind turbine type certification

Basic standard	IEC 61400-1 ed. 3 + A1
IEC WT class	IEC S (specified below for each configuration ID numbers)

General

Power regulation	pitch-controlled	
Rotor orientation	upwind	
Rotor tilt	6°	
Cone angle	-3°	
Rated power	ID1, ID3, ID5: 2.0 MW*	
	ID2, ID4, ID6: 2.0-2.2 MW**	

* derating strategy for cooler top 30 at ambient temperature above 35°C
 * derating strategy for cooler top 40 at ambient temperature above 40°C
 ** derating strategies for ambient temperature above 30°C

Rated wind speed v_r	ID1, ID3, ID5: 10.0 m/s	
	ID2, ID4, ID6: 10.3 m/s	
Rotor diameter	100 m	
Hub height(s)	75m, T2X302	
	80 m, T2X202, T2X203	
	95 m, T2X221, T2X122	
	100m, TN296	
Hub height operating wind speed range $v_{in} - v_{out}$	3-22 m/s	
Design life time	20 years	
Software version	VMP Global 17.09	

Wind conditions

ID1: Wind turbine class S (IEC 3A except for temperatures)	
Annual average wind speed at hub height v_{ave}	7.5 m/s
Reference wind speed v_{ref}	37.5 m/s (IEC wind class 3)
Mean flow inclination	8°
Hub height extreme wind speed v_{e50}	52.5 m/s
Turbulence intensity I_{ref} at $v_{hub} = 15$ m/s	0.16 (IEC turbulence class A)
Weibull shape factor (k) for wind speed distribution	2.0

ID2: Wind turbine class S	
Annual average wind speed at hub height v_{ave}	7.0 m/s
Reference wind speed v_{ref}	37.5 m/s
Mean flow inclination	8°
Hub height extreme wind speed v_{e50}	52.5 m/s
Turbulence intensity I_{ref} at $v_{hub} = 15$ m/s	0.16 (IEC turbulence class A)
Weibull shape factor (k) for wind speed distribution	2.2

ID3: Wind turbine class S	
Annual average wind speed at hub height v_{ave}	8.5 m/s
Reference wind speed v_{ref}	40.0 m/s
Mean flow inclination	8°
Hub height extreme wind speed v_{e50}	56.0 m/s
Turbulence intensity I_{ref} at $v_{hub} = 15$ m/s	0.12 (IEC turbulence class C)
Weibull shape factor (k) for wind speed distribution	2.0

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkai 18, 20457 Hamburg.
 DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0051-7379 VER 14

T05 0051-7379 Ver 14 - Approved- Exported from DMS: 2020-11-04 by FAFCA

PUBLIC

DNV·GL

TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-13

Page 3 of 6

ID4: Wind turbine class S

Annual average wind speed at hub height v_{ave}	7.5 m/s
Reference wind speed v_{ref}	40.0 m/s
Mean flow inclination	8°
Hub height extreme wind speed v_{e50}	56.0 m/s
Turbulence intensity I_{ref} at $v_{hub} = 15$ m/s	0.12 (IEC turbulence class C)
Weibull shape factor (k) for wind speed distribution	2.2

ID5: Wind turbine class S (IEC 2B except for temperatures)

Annual average wind speed at hub height v_{ave}	8.5 m/s
Reference wind speed v_{ref}	42.5 m/s (IEC wind class 2)
Mean flow inclination	8°
Hub height extreme wind speed v_{e50}	59.5 m/s
Turbulence intensity I_{ref} at $v_{hub} = 15$ m/s	0.14 (IEC turbulence class B)
Weibull shape factor (k) for wind speed distribution	2.0

ID6: Wind turbine class S

Annual average wind speed at hub height v_{ave}	7.5 m/s
Reference wind speed v_{ref}	42.5 m/s
Mean flow inclination	8°
Hub height extreme wind speed v_{e50}	59.5 m/s
Turbulence intensity I_{ref} at $v_{hub} = 15$ m/s	0.14 (IEC turbulence class B)
Weibull shape factor (k) for wind speed distribution	2.2

Electrical network conditions

Normal supply voltage and range	10.5 kV-35 kV
Normal supply frequency and range	50 Hz
Voltage imbalance	<3 %
Maximum duration of electrical power network outages	Not dimensioning
Number of electrical network outages	50

Other environmental conditions

Standard temperature turbine (IEC standard temperature range)	
Operating temperature	-20°C to +45°C
Extreme temperature, stand still	-30°C to +50°C

Low temperature turbine (LT, turbine components and operating strategy are identical to the standard temperature turbine but additional heating elements are installed for low temperature usage)

Operating temperature	-30°C to +45°C
Extreme temperature, stand still	-40°C to +50°C

Relative humidity of the air	100 % (max 10 % of lifetime)
Air density	1.225 kg/m ³ 1.325 kg/m ³ *

* Note for LT: The -30°C minimum operating temperature has been verified for loads and structural integrity by considering an air density of 1.325 kg/m³

Solar radiation	The turbine shall resist solar radiation (including UV) with 1000 W/m ² and 8000 MJ/m ² per year throughout the design lifetime
Description of lightning protection system	IEC 61400-24:2010, Protection Level 1

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkai 18, 20457 Hamburg, DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0051-7379 VER 14

T05 0051-7379 Ver 14 - Approved- Exported from DMS: 2020-11-04 by FAFCA

PUBLIC

DNV·GL

TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-13

Page 4 of 6

Major components

Blade	Type	Prepreg
	Manufacturer	Vestas
	Material	Glass fibre and carbon fibre reinforced epoxy
	Blade length	49 m
Blade bearing	Number of blades	3
	Drawing / Data sheet / Part no.	Vestas item number 29021600
	Type	2 row 4-point contact ball bearing
	Manufacturer	Rollix
Pitch system	Drawing / Data sheet / Part no.	13-1920-02-DD0-5
	Type	2 row 4-point contact ball bearing
	Manufacturer	Liebherr
	Drawing / Data sheet / Part no.	648 VO 802-000
Main shaft	Type	2 row 4-point contact ball bearing
	Manufacturer	TMB
	Drawing / Data sheet / Part no.	B030.65.1920K
	Type	One cylinder per blade
Main bearing	Manufacturer	LJM, Glual, Hine and Hengli
	Controller type	Hydraulic
	Motor / actuator	Hydraulic
	Type	Forged hollow trumpet shaft
Gearbox	Material	42CrMo4
	Drawing / Data sheet / Part no.	29085836
	Type	Two double row spherical roller bearing
	Manufacturer	SKF
Yaw system	Drawing / Data sheet / Part no.	230/630 CA/HM2 W33 24188 ECA/HM2 W33
	Manufacturer	KOYO
	Drawing / Data sheet / Part no.	230/630 RHAW33T 24188 RHAW33
	Manufacturer	FAG
Gearbox	Drawing / Data sheet / Part no.	F-582558.PRL-WPO F-582559.PRL-WPO
	Type	3 stage planetary gearbox
	Manufacturer	Winergy
	Gear Ratio	1:112.2
Yaw system	Drawing / Data sheet / Part no.	PEAB 4440
	Manufacturer	ZF
	Gear Ratio	1:112.36
	Drawing / Data sheet / Part no.	Atlas 1.2, 1.21
Yaw system	Drive type	Electrical motor
	Manufacturer	ABB or Lafert
	Drawing / Data sheet / Part no.	29005012

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkai 18, 20457 Hamburg, DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0051-7379 VER 14

T05 0051-7379 Ver 14 - Approved- Exported from DMS: 2020-11-04 by FAFCA

PUBLIC

DNV·GL

TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-13

Page 5 of 6

	Bearing Type	Friction Bearing (PETP slide plate)			
	Manufacturer	Vestas Wind System A/S			
	Drawing / Data sheet / Part no.	29011239.V01			
	Gear Type	Planetary-/worm gear combination			
	Manufacturer	Bonfiglioli, Comer			
	Drawing / Data sheet / Part no.	29014048 (left) /29014049 (right)			
	Brake Type	Friction brake, motor brake included in the drive unit			
	Manufacturer	ABB or Lafert			
	Drawing / Data sheet / Part no.	29005012			
Generator	Manufacturer	Vestas			
	Type	DVSG 500/4M SP. (Asynchronous generator with wound rotor)			
	Rated power	2060 kW or 2260 kW			
	Rated frequency	50 Hz			
	Rated speed	1680 rpm			
	Rated voltage	690 VAC			
	Rated stator current	1573 A or 1713 A			
	Insulation class	H/H			
	Degree of protection	IP54			
	Drawing / Data sheet / Part no.	0007-0081.V09 (2060 kW) 0057-1280.V02 (2260kW)			
Converter	Manufacturer	Vestas Wind System A/S			
	Type	Full quadrant IGBT			
	Rated voltage	480 V			
	Nominal current (at 2.0 MW)				
	Grid	240 A			
	Rotor	592 A			
	Nominal current (at 2.2 MW)				
	Grid	256 A			
	Rotor	655 A			
	Degree of protection	IP 54			
Transformer	Manufacturer	Siemens, SGB, JST			
	Type	Dry type			
	Rated voltage	HV side: 10.5-35.0 [kV] LV side: 690 [V] +/-2% & 480 [V] +/-2%			
Tower (tubular steel)	Tower	HH	Sections	Drawing	Configuration ID
	TN296	100 m	4	0063-9652.V0	ID1 and ID2
	T2X202	80 m	4	0044-9014.V2	ID3 and ID4
	T2X203	80 m	3	0044-7632.V1	ID5 and ID6
	T2X221	95 m	4	0044-7224.V2	ID5 and ID6
	T2X302	75 m	4	0059-1124.V0	ID5 and ID6
	T2X122	95 m	4	0039-6458.V0	ID5 and ID6
Foundation load(s)	Tower			Foundation loads	Configuration ID
	TN296			0064-4879.V0	ID1 and ID2
	T2X202			0057-5949.V0	ID3

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkai 18, 20457 Hamburg.
 DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0051-7379 VER 14

T05 0051-7379 Ver 14 - Approved- Exported from DMS: 2020-11-04 by FAFCA

PUBLIC

DNV·GL

TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-13

Page 6 of 6

	T2X202	0057-5955.V1	ID4
	T2X203	0057-5946.V1	ID5
	T2X203	0057-5956.V1	ID6
	T2X221	0057-5953.V1	ID5
	T2X221	0057-5959.V1	ID6
	T2X302	0059-0695.V0	ID5
	T2X302	0059-0707.V0	ID6
	T2X122	0066-3354.V0	ID5 and ID6
Manuals	O&M manual	See list of manuals	
		0068-9605.V01	
	Transport manual	See list of manuals	
		0068-9605.V01	
	Installation / Commissioning manual	See list of manuals	
		0068-9605.V01	
Service lift (optional)		Not included	
Crane (optional)		Not included	

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkai 18, 20457 Hamburg.
 DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0051-7379 VER 14

T05 0051-7379 Ver 14 - Approved- Exported from DMS: 2020-11-04 by FAFCA

PUBLIC



TYPE CERTIFICATE

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-02382-6
 Issued: 2020-11-19
 Valid until: 2025-05-14

Issued for:

Vestas V110 2.0-2.2 MW 50 Hz VCS Mk 10

Specified in Annex 1 and 2

Issued to:

Vestas Wind Systems A/S

Hedeager 42
 8200 Aarhus N
 Denmark

According to:

DNVGL-SE-0074:2018-01 Type and component certification of wind turbines according to IEC 61400-22

Based on the documents:

DB-DNVGL-SE-0074-02383-4	Design Basis Conformity Statement, dated 2020-11-19
DE-DNVGL-SE-0074-02384-5	Design Evaluation Conformity Statement, dated 2020-11-19
TT-DNVGL-SE-0074-02385-5	Type Test Conformity Statement, dated 2020-11-19
ME-DNVGL-SE-0074-02386-6	Manufacturing Conformity Statement, dated 2020-11-19
TCM-DNVGL-SE-0074-02387-3	Type Characteristic Measurement Conformity Statement, dated 2020-11-19
FER-TC-DNVGL-SE-0074-02382-7	Final Evaluation Report, dated 2020-11-19

Changes of the system design, the production and erection or the manufacturer's quality system are to be approved by DNV GL.

Hellerup, 2020-11-19

For DNV GL Renewables Certification

Bente Vestergaard
 Service Line Leader for Type Certification



By DAKKS according DIN EN IEC/ISO 17065 accredited Certification Body for products. The accreditation is valid for the fields of certification listed in the certificate.

Hamburg, 2020-11-19

For DNV GL Renewables Certification

Florian Willers
 Senior Project Manager

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkai 18, 20457 Hamburg.

DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.
VESTAS PROPRIETARY NOTICE: This document contains valuable confidential information of Vestas Wind Systems A/S. It is protected by copyright law as an unpublished work. Vestas reserves all patent, copyright, trade secret, and other proprietary rights to it. The information in this document may not be used, reproduced, or disclosed except if and to the extent rights are expressly granted by Vestas in writing and subject to applicable conditions. Vestas disclaims all warranties except as expressly granted by written agreement and is not responsible for unauthorized uses, for which it may pursue legal remedies against responsible parties.

Original Instruction: T05 0063-5965 VER 09

T05 0063-5965 Ver 09 - Approved- Exported from DMS: 2020-12-09 by FAECA

PUBLIC



TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-02382-6 Page 2 of 7

Wind turbine type certification

Basic standard IEC 61400-1 ed. 3 + A1
 IEC WT class S (specified below for each configuration ID numbers)

General

Power regulation pitch-controlled
 Rotor orientation upwind
 Rotor tilt 6°
 Cone angle -3°
 Rated power ID 1, 2 & 3: 2.0 MW*
 ID 4, 5 & 6: 2.2 MW**

* derating strategy for cooler top 30 at ambient temperature above 35°C
 * derating strategy for cooler top 40 at ambient temperature above 40°C
 ** derating strategies for ambient temperature above 30°C

Rated wind speed V_r ID 1, 2 & 3: 9.6 m/s
 ID 4, 5 & 6: 10.0 m/s
 Rotor diameter 110 m
 Hub height(s) 75m, 80 m, 95 m, 110 m, 120 m and 125 m
 Hub height operating wind speed range $V_{in} - V_{out}$ ID 1, 2 & 3: 3-22 m/s with high wind operation from 19 m/s
 ID 4, 5 & 6: 3-20 m/s
 Design life time 20 years
 Software version VMP Global 17.09

Wind conditions

Wind conditions ID1 to ID3: Wind turbine class S (IIIA/IIIB/IIIC except for temperature ranges)
 Annual average wind speed at hub height V_{ave} 7.5 m/s
 Reference wind speed V_{ref} 37.5 m/s
 Mean flow inclination 8°
 Hub height extreme wind speed V_{e50} 52.5 m/s
 Turbulence intensity I_{ref} at $V_{hub} = 15$ m/s ID1: 0.16 (IEC turbulence class A)
 ID2: 0.14 (IEC turbulence class B)
 ID3: 0.12 (IEC turbulence class C)

Wind conditions ID4 to ID6: Wind turbine class S
 Annual average wind speed at hub height V_{ave} 6.5 m/s
 Reference wind speed V_{ref} 37.5 m/s
 Mean flow inclination 8°
 Hub height extreme wind speed V_{e50} 52.5 m/s
 Turbulence intensity I_{ref} at $V_{hub} = 15$ m/s ID4: 0.16 (IEC turbulence class A)
 ID5: 0.14 (IEC turbulence class B)
 ID6: 0.12 (IEC turbulence class C)

Electrical network conditions

Normal supply voltage and range 10.5 kV-35 kV
 Normal supply frequency and range 50 Hz
 Voltage imbalance <3 %
 Maximum duration of electrical power network outages Not dimensioning
 Number of electrical network outages 50

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkai 18, 20457 Hamburg.
 DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0063-5965 VER 09

T05 0063-5965 Ver 09 - Approved- Exported from DMS: 2020-12-09 by FAECA

PUBLIC

DNV·GL

TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-02382-6

Page 3 of 7

Other environmental conditions

Standard temperature turbine (IEC standard temperature range)
 Operating temperature -20°C to +45°C
 Extreme temperature, stand still -30°C to +50°C

Low Temperature turbine
 (LT, turbine components and operating strategy are identical to the standard temperature turbine but additional heating elements are installed for low temperature usage)
 Operating temperature -30°C to +45°C
 Extreme temperature, stand still -40°C to +50°C

Relative humidity of the air 100 % (max 10 % of lifetime)
 Air density 1.225 kg/m³ *

* LT: The -30°C minimum operating temperature has been verified for loads and structural integrity by considering an air density of 1.325 kg/m³

Solar radiation The turbine shall resist solar radiation (including UV) with 1000 W/m² and 8000 MJ/m² per year throughout the design lifetime

Description of lightning protection system IEC 61400-24:2010, Protection Level 1

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkai 18, 20457 Hamburg.
 DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0063-5965 VER 09

T05 0063-5965 Ver 09 - Approved- Exported from DMS: 2020-12-09 by FAFCA

PUBLIC

DNV·GL

TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-02382-6

Page 4 of 7

Blade	Type	54m Structural shell
	Manufacturer	Vestas, TPI China
	Material	Glass fibre and carbon fibre reinforced epoxy
	Blade length	54 m
	Number of blades	3
	Drawing / Data sheet / Part no.	ID1 to ID3: 29182134 or 29182131 ID4 to ID6: 29182134
Blade bearing	Type	2 row 4-point contact ball bearing
	Manufacturer	Rollix
	Drawing / Data sheet / Part no.	13-1920-02-DD0-5
	Type	2 row 4-point contact ball bearing
	Manufacturer	Liebherr
	Drawing / Data sheet / Part no.	648 VO 802-000
Pitch system	Type	2 row 4-point contact ball bearing
	Manufacturer	TMB
	Drawing / Data sheet / Part no.	B030.65.1920K
	Type	One cylinder per blade
	Manufacturer	LJM, Glual, Hine and Hengli
	Controller type	Hydraulic
Main shaft	Motor / actuator	Hydraulic
	Type	Forged hollow trumpet shaft
	Material	42CrMo4
	Drawing / Data sheet / Part no.	29085836
	Type	Two double row spherical roller bearing
	Manufacturer	SKF
Main bearing	Drawing / Data sheet / Part no.	230/630 CA/HM2 W33 24188 ECA/HM2 W33
	Manufacturer	KOYO
	Drawing / Data sheet / Part no.	230/630 RHAW33T 24188 RHAW33
	Manufacturer	FAG
	Drawing / Data sheet / Part no.	F-582558.PRL-WPO F-582559.PRL-WPO
	Type	3 stage gearbox (1 planetary stage)
Gearbox	Manufacturer	Winergy
	Gear Ratio	1:112.2
	Drawing / Data sheet / Part no.	PEAB 4440
	Type	3 stage gearbox (1 planetary stage)
	Manufacturer	ZF
	Gear Ratio	1:112.36
	Drawing / Data sheet / Part no.	Atlas 1.2, 1.21

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkai 18, 20457 Hamburg.
 DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0063-5965 VER 09

T05 0063-5965 Ver 09 - Approved- Exported from DMS: 2020-12-09 by FAFCA

PUBLIC

DNV·GL

TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-02382-6

Page 5 of 7

Yaw system	Drive type	Electrical motor
	Manufacturer	ABB or Lafert
	Drawing / Data sheet / Part no.	29005012
	Bearing Type	Friction Bearing (PETP slide plate)
Manufacturer	Vestas Wind System A/S	
Drawing / Data sheet / Part no.	29011239.V01	
Gear Type	Planetary-/worm gear combination	
Manufacturer	Bonfiglioli, Comer	
Drawing / Data sheet / Part no.	29014048 (left) /29014049 (right)	
Brake Type	Friction brake, motor brake included in the drive unit	
Manufacturer	ABB or Lafert	
Drawing / Data sheet / Part no.	29005012	
Generator	Manufacturer	Vestas
	Type	DVSG 500/4M SP. (Asynchronous generator with wound rotor)
	Rated power	2060 kW or 2260 kW
	Rated frequency	50 Hz
	Rated speed	1680 rpm
	Rated voltage	690 VAC
	Rated stator current	1573 A or 1713 A
	Insulation class	H/H
	Degree of protection	IP54
	Drawing / Data sheet / Part no.	0007-0081.V09 (2060 kW) 0057-1280.V02 (2260kW)
Converter	Manufacturer	Vestas Wind System A/S
	Type	Full quadrant IGBT
	Rated voltage	480 V
	Nominal current (at 2.0 MW)	240 A
	Grid	240 A
	Rotor	592 A
	Nominal current (at 2.2 MW)	256 A
	Grid	256 A
Rotor	655 A	
Degree of protection	IP 54	
Transformer	Manufacturer	Siemens, SGB, JST
	Type	Dry type
	Rated voltage	HV side: 10.5-35.0 [kV] LV side: 690 [V] +/-2% & 480 [V] +/-2%
Tower	Type	Tubular steel
	Manufacturer	Several, see manufacturing evaluation conformity statement
	Number of sections	Please refer to annex 2
	Length	Please refer to annex 2
Drawing / Data sheet / Part no.	Please refer to annex 2	

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkai 18, 20457 Hamburg.
 DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0063-5965 VER 09

T05 0063-5965 Ver 09 - Approved- Exported from DMS: 2020-12-09 by FAFCA

PUBLIC

DNV·GL

TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-02382-6

Page 6 of 7

Foundation load(s)		Please refer to annex 2
Manuals	O&M manual	See list of manuals 0068-9605.V01
	Transport manual	See list of manuals 0068-9605.V01
	Installation / Commissioning manual	See list of manuals 0068-9605.V01
Service lift (optional)	Not included	
Crane (optional)	Not included	

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkai 18, 20457 Hamburg.
 DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0063-5965 VER 09

T05 0063-5965 Ver 09 - Approved- Exported from DMS: 2020-12-09 by FAFCA

PUBLIC

DNV·GL

TYPE CERTIFICATE - ANNEX 2

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-02382-6

Page 7 of 7

Tower list

HH	Tower No.	Sections	Drawing	Foundation loads	ID
75	T2X302	3	0059-1124.V00	0065-7541.V01 0065-7546.V01*	ID2, ID5
80	T2X103	3	0043-5737.V00	0063-5617.V01 0063-5639.V01*	ID1, ID4
80	T2X203	3	0044-7632.V01	0063-5618.V02 0063-5640.V02*	ID3, ID6
80	T2X300	3	0056-9134.V00	0063-5619.V01 0063-5642.V01*	ID1, ID4
95	T2X122	4	0039-6458.V00	0063-5621.V01 0063-5643.V01*	ID1, ID4
95	T2X222	4	0044-7654.V01	0063-5628.V01 0063-5646.V01*	ID2, ID5
95	T2X320	4	0056-8544.V01	0063-5630.V01 0063-5648.V01*	ID1, ID4
95	T2X321	4	0056-9137.V01	0063-5631.V01 0063-5649.V01*	ID2, ID5
110	T2X330	4	0056-9139.V02	0063-5632.V01 0063-5650.V01*	ID2, ID5
120	T2X331	5	0056-9140.V02	0063-5633.V01 0063-5651.V01*	ID2, ID5
125	T2X133	5	0048-4332.V00	0063-5634.V01 0063-5652.V01*	ID2, ID5

* Up to 3m above ground due to raised foundations

Original Instruction: T05 0063-5965 VER 09

T05 0063-5965 Ver 09 - Approved- Exported from DMS: 2020-12-09 by FAFCA

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkai 18, 20457 Hamburg.
DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Annexe 3 : Analyse de conformité à l'arrêté du 26 août 2011 modifié

Art.	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 22 juin 2020 portant modification des prescriptions relatives 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	C/NC	Eléments de justification	N° annexe	Commentaires
Section 3 Dispositions constructives					
3	L'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de : 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 ; 300 mètres d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour l'environnement relevant de l'article L. 515-32 du code de l'environnement. Cette distance est mesurée à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur.	C	Ces prescriptions sont respectées		
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.	C	Voir plans réglementaires	Dossier 6-	Les chemins autour des éoliennes sont renforcés pour permettre l'accès des camions en phase chantier. Les machines seront donc accessibles par les services 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.	C	L'exploitant s'engage à respecter cette prescription		
8	L'aérogénérateur est conçu pour garantir le maintien de son intégrité technique au cours de sa durée de vie. Le respect de la norme NF EN 61 400-1 ou IEC 61 400-1, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté, permet de répondre à cette exigence.	C	Certificat de conformité	Dossier 4-Annexe 2	
	Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de chaque aérogénérateur de l'installation avant leur mise en service industrielle.	C	L'exploitant s'engage à respecter cette prescription		
	En outre l'exploitant dispose des 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.	C	L'exploitant s'engage à respecter cette prescription		Les éoliennes sont soumises obligatoirement au contrôle technique réalisé par un organisme agréé. A l'issue de celui-ci, l'exploitant archivera les rapports de contrôle.
9	L'installation est mise à la terre.	C	Le constructeur s'engage à respecter cette prescription		
	L'installation est mise à la terre pour prévenir les conséquences du risque foudre. Le respect de la norme IEC 61 400-24, dans sa version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, permet de répondre à cette exigence.	C	La protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4		Concerne la protection contre la foudre
	Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la mise à la terre de l'installation avant sa mise en service industrielle.	C	L'exploitant s'engage à respecter cette prescription		

Art.	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 22 juin 2020 portant modification des prescriptions relatives 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	C/NC	Eléments de justification	N° annexe	Commentaires
	Les opérations de maintenance incluent un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.	C	Voir Etude de dangers, § 7.6 Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité		
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.	C	Le constructeur s'engage à respecter cette prescription		Cela concerne la directive 2006/42/CE du parlement européen et du conseil du 17 mai 2006.
	Pour les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur, le respect des normes NF C 15-100, NF C 13-100 et NF C 13-200, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, permet de répondre à cette exigence.	C	Conformité vis-à-vis des normes vérifiée par un bureau de contrôle agréé qui délivre une attestation de conformité indispensable pour obtenir le Consuel lui-même exigé par Enedis avant toute mise sous tension. Le constructeur remet à la société SAS VALLEE DE BOVES un certificat de conformité aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009).		Cela concerne les postes de livraison.
	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.	C	Voir Etude de dangers, § 7.6 Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité	Dossier 4-	Cela concerne l'arrêté du 10 octobre 2000 fixant la périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques au titre de la protection des travailleurs
	Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de l'installation pour prévenir les risques électriques, avant sa mise en service industrielle.	C	L'exploitant s'engage à respecter cette prescription		
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.	C	Le constructeur s'engage à respecter cette prescription		
Section 4 Exploitation					
13	Les personnes étrangères à l'installation n'ont pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs. Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.	C	Les ouvrages sont fermés à clef et l'exploitant s'engage à respecter cette prescription		
14	Chaque aérogénérateur est identifié par un numéro, affiché en caractères lisibles sur son mât. Le numéro est identique à celui généré à l'issue de la déclaration prévue à l'article 2.2.	C	L'exploitant s'engage à respecter cette prescription		
	Les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment : – les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ; – l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ; – la mise en garde face aux risques d'électrocution ; – la mise en garde, le cas échéant, face au risque de chute de glace.	C	Voir Etude de dangers, § 7.6 Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité	Dossier 4-	

Art.	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 22 juin 2020 portant modification des prescriptions relatives 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	C/NC	Eléments de justification	N° annexe	Commentaires
15	Le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques accidentels visés à la section 5 du présent arrêté, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours. La réalisation des exercices d'entraînement, les conditions de réalisations de ceux-ci, et le cas échéant les accidents/ incidents survenus dans l'installation, sont consignés dans un registre. Le registre contient également l'analyse de retour d'expérience réalisée par l'exploitant et les mesures correctives mises en place.	C	Voir Etude de dangers, § 7.6 Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité	Dossier 4-	
16	L'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit.	C	Voir § 4.2.4 de l'étude de dangers	Dossier 4-	
17	Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalise des essais permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre l'aérogénérateur en sécurité. Ces essais comprennent : - un arrêt ; - un arrêt d'urgence ; - un arrêt depuis un régime de survitesse ou depuis une simulation de ce régime.	C	Voir Etude de dangers, § 7.6 Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité	Dossier 4-	
	Suivant une périodicité qui ne peut excéder 1 an, l'exploitant réalise des tests pour vérifier 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. Les résultats de ces tests sont consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19. Avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs et des équipements connexes, les installations électriques visées à l'article 10 sont contrôlées par une personne compétente. Par ailleurs elles sont entretenues, elles sont maintenues en bon état et elles sont contrôlées à fréquence annuelle après leur installation ou leur modification. L'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports de contrôle sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé. Les rapports de contrôle des installations électriques sont annexés au registre de maintenance visé à l'article 19.		Voir Etude de dangers, § 4.2.5 Opérations de maintenance de l'installation	Dossier 4-	
18	Trois mois, puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât de chaque aérogénérateur. Le contrôle de l'ensemble des brides et des fixations de chaque aérogénérateur peut être lissé sur trois ans tant que chaque bride respecte la périodicité de trois ans.	C	Voir Etude de dangers, § 7.6 Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité	Dossier 4-	
	Selon une périodicité définie en fonction des conditions météorologiques et qui ne peut excéder 6 mois, l'exploitant procède à un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être endommagés, notamment par des impacts de foudre, au regard des limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt spécifiées dans les consignes établies en application de l'article 22 du présent arrêté. L'installation est équipée de systèmes instrumentés de sécurité, de détecteurs et de systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation, notamment en cas d'incendie, de perte d'intégrité d'un aérogénérateur ou d'entrée en survitesse. L'exploitant tient à jour la liste de ces équipements de sécurité, précisant leurs fonctionnalités, leurs fréquences de tests et les opérations de maintenance destinées à garantir leur efficacité dans le temps. Selon une fréquence qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède au contrôle de ces équipements de sécurité afin de s'assurer de leur bon fonctionnement.		Voir Etude de dangers, § 4.2.5 Opérations de maintenance de l'installation	Dossier 4-	
	La liste des équipements de sécurité ainsi que les résultats de l'ensemble des contrôles prévus par le présent article sont consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19.	C	L'exploitant s'engage à respecter cette prescription		
19	L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations de maintenance qui doivent être effectuées afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation, ainsi que les modalités de réalisation des tests et des contrôles de sécurité, notamment ceux visés par le présent arrêté. L'exploitant tient à jour, pour son installation, un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance qui ont été effectuées, leur nature, les défaillances constatées et les opérations préventives et correctives engagées.	C	L'exploitant s'engage à respecter cette prescription		

Art.	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 22 juin 2020 portant modification des prescriptions relatives 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	C/NC	Eléments de justification	N° annexe	Commentaires
Section 5 Risques					
22	Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiquent : - les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ; - les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt (notamment pour les défauts de structures des pales et du mât, pour les limites de fonctionnement des dispositifs de secours notamment les batteries, pour les défauts de serrages des brides) ; - les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ; - les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours ; - le cas échéant, les informations à transmettre aux services de secours externes (procédures à suivre par les personnels afin d'assurer l'accès à l'installation aux services d'incendie et de secours et de faciliter leur intervention).	C	Les consignes de sécurité du constructeur VESTAS seront transmises aux équipes d'exploitation de la société SAS VALLEE DE BOVES		
23	Les consignes de sécurité indiquent également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité dans les situations suivantes : survitesse, conditions de gel, orages, tremblements de terre, haubans rompus ou relâchés, défaillance des freins, balourd du rotor, fixations détendues, défauts de lubrification, tempêtes de sables, incendie ou inondation.	C	Voir Etude de dangers, § 7.6 Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité	Dossier 4-	
	En cas de détection d'un fonctionnement anormal notamment en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse d'un aérogénérateur, l'exploitant ou une personne qu'il aura désigné et formé est en mesure : - de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées à l'article 22 dans un délai maximal de 60 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur ; - de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.	C	Voir Etude de dangers, § 7.6 Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité	Dossier 4-	
24	Chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte et de prévention contre les conséquences d'un incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, composé à minima de deux extincteurs placés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils sont positionnés de façon bien visible et facilement accessibles..		Voir Etude de dangers, § 7.6 Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité	Dossier 4-	
	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.		Voir Etude de dangers, § 7.6 Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité	Dossier 4-	
25	Chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur est mis à l'arrêt dans un délai maximal de 60 minutes.		Voir Etude de dangers, § 7.6 Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité	Dossier 4-	
	L'exploitant définit une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales permettant de prévenir la projection de glace. Cette procédure figure parmi les consignes de sécurité mentionnées à l'article 22.	C	Voir Etude de dangers, § 7.6 Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité	Dossier 4-	
	Lorsqu'un référentiel technique permettant de déterminer l'importance de glace formée nécessitant l'arrêt de l'aérogénérateur est reconnu par le ministre des installations classées, l'exploitant respecte les règles prévues par ce référentiel.	/			Aucun référentiel technique existe à ce jour. Seul le guide technique INERIS/SER traite du risque de formation de glace.
	Cet article n'est pas applicable aux installations implantées dans les départements où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C.	/			

Tableau 36 : Analyse de conformité à l'arrêté du 26 août 2011 modifié

Annexe 4 : Annexes au guide technique INERIS et compléments à l'accidentologie

Cf. pages suivantes

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

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

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

D'autre part, cette méthode permet ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques (partie VIII).

Terrains non bâtis

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

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

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

Voies de circulation

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

Voies de circulation automobiles

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

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

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

Voies ferroviaires

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

Voies navigables

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

Chemins et voies piétonnes

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

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

Logements

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

Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

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

Zones d'activité

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

ANNEXE B – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

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

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	25/02/2002	Sailières-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sailières-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escalles-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-

5 / 18

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

6 / 18

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Emballlement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballlement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraft (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)

7 / 18

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Touffiers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballlement 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	-

8 / 18

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

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

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

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

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

Scénario G01

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

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

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

① **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.**

Scénario G02

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

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

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

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

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

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

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau. Aucun blessé.		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

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

Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Scénario P01

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

Scénario P02

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

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

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

Scénarios P03

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

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

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

- Erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;

Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant

- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

ANNEXE D – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

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

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

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

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

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

Par souci de simplification, la probabilité d'accident sera calculée en multipliant la borne supérieure de la classe de probabilité de l'événement redouté central par le degré d'exposition. Celui-ci est défini comme le ratio entre la surface de l'objet chutant ou projeté et la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous récapitule les probabilités d'atteinte en fonction de l'événement redouté central.

Evènement redouté central	Borne supérieure de la classe de probabilité de l'ERC (pour les éoliennes récentes)	Degré d'exposition	Probabilité d'atteinte
Effondrement	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Chute de glace	1	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$ (A)
Chute d'éléments	10^{-3}	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Projection de morceaux de glace	10^{-2}	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$ (E)

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

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

ANNEXE 5 –GLOSSAIRE

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

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

Cinétique : Vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables (cf. art. 5 à 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005). Dans le tableau APR proposé, la cinétique peut être lente ou rapide. Dans le cas d'une cinétique lente, les enjeux ont le temps d'être 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 : Evénement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux

sont effectivement exposées, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

**Compléments à l'accidentologie de parcs éoliens en France
(mis à jour en juillet 2021)**

Type d'accident	Date	Commune	Département	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source de l'information
Rupture de pale	15/05/2012	Fresnay-L'Eveque	Eure-et-Loir	Chute d'une pale de 9 tonnes et rupture du roulement raccordant la pale au hub	Traces de corrosion dans les trous d'alésage traversant une des bagues du roulement	ARIA (n°42919)
Effondrement de la tour	30/05/2012	Port la Nouvelle	Aude	Effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut	Rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit	ARIA (n°43110)
Projection d'un élément de la pale	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	Projection d'un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne à 70 m du mât		ARIA (n°43120)
Incendie	05/11/2012	Sigean	Aude	Projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante	Câbles électriques non résistants au feu à l'intérieur du mât	ARIA (n°43228)
Incendie	17/03/2013	Euvy	Marne	Feu dans la nacelle d'une éolienne. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber.	Défaillance électrique	ARIA (n°43630)
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardenne	Feu se déclarant vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne.	Incident électrique	ARIA (n°44831)
Rupture de pale	20/01/2014	-	Aude	Chute de pale liées à la rupture d'une pièce à la base de la pale	Usure prématurée	ARIA (n°44870)
Rupture de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	Chute d'une pale un jour d'orage ou les vents atteignent 130km/h		ARIA (n°45960)
Projection d'un élément de la pale	05/12/2014	Fitou	Aude	Lors d'une inspection, des techniciens de maintenance constatent le détachement de l'extrémité d'une pale	Défaillance matérielle ou à un décollement sur les plaques en fibre de verre	ARIA (n°46030)
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loir	Le moteur d'une éolienne a pris feu		Article de presse (la République du Centre 24/08/2015)
Chute d'élément	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	Chute des trois pales et du rotor d'une éolienne		Article de presse (L'Est républicain 13/11/2015)
Rupture de pale	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	Chute de l'aérofrein d'une des pales	Rupture du point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein	ARIA (n°47675)

Type d'accident	Date	Commune	Département	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source de l'information
Chute de pale et projection de pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	Une pale chute au sol, un autre se déchire et est retrouvé à 40m du pied du mât		ARIA (n°47680)
Chute de pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes-d'Armor	Rupture et chute de la pale à 5m du mât.	Rupture du système d'orientation	ARIA (n°47763)
Chute de pale	12/01/2017	Tuchan	Aude	Trois pales chutent au sol	Défaillance matérielle	ARIA (n°49104)
Chute de pale	18/01/2017	Nurlu	Somme	Décrochage et chute d'une partie de pale	Tempête ?	ARIA (n°49151)
Rupture de pale	27/02/2017	Lavallée	Meuse	La pointe d'une pale d'éolienne s'est rompue pendant un orage	Rafale de vent	ARIA (n°49359)
Rupture de pale	27/02/2017	Trayes	Deux-Sèvres	Fragments de pale projetés	Défaillance matérielle	ARIA (n°49374)
Incendie	06/06/2017	Allonnes	Eure-et-Loir	Incendie du moteur de l'éolienne		ARIA n°49746
Chute de pale	08/06/2017	Aussac-Vadalle	Charente		Foudre	ARIA (n°49768)
Chute de pale	24/06/2017	Conchy-sur-Canche	Pas-de-Calais	Une pale de l'éolienne brise au niveau de sa jonction avec le rotor.		ARIA (n°49902)
Chute d'éléments	17/07/2017	Fécamp	Seine-Maritime	Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne	Défaillance matérielle ou humaine	ARIA (n°50291)
Chute de pale	03/08/2017	Priez	Aisne	Rupture d'une partie de la pale d'éolienne		ARIA (n°50148)
Chute d'éléments	08/11/2017	Roman	Eure	Le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol	Défaillance de l'installation	ARIA (n°50694)
Effondrement de l'éolienne	01/01/2018	Bouin	Vendée	Effondrement de l'éolienne	Tempête	ARIA (n°50913)
Chute de pale	04/01/2018	Nixeville-Blercourt	Meuse	Chute d'une pale d'éolienne	Episode venteux	ARIA (n°50905)
Chute d'éléments	06/02/2018	Conilhac-Corbières	Aude	L'aérofrein d'une pale d'éolienne a chuté au sol	Défaut sur l'électronique de puissance	ARIA (n°51122)
Incendie	01/06/2018	Marsanne	Drôme	Incendie	Incendie criminel	Communiqué de presse (RES, 01/06/2018) ARIA (n°51675)
Incendie	05/06/2018	Aumelas	Hérault	Incendie de la nacelle et chute d'éléments au sol	Incendie électrique	ARIA (n°51681)
Chute de pale	04/07/2018	Port-la-Nouvelle	Aude	Dislocation de deux pales d'une éolienne		ARIA (n°51853)

Type d'accident	Date	Commune	Département	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source de l'information
Incendie	03/08/2018	Parc des Monts de l'Ain	Ain	Incendie	Incendie criminel	France 3 Auvergne-Rhône-Alpes (03/08/2018)
Incendie	28/09/2018	Sauveterre	Tarn	Incendie	Incendie criminel	ARIA (n°52641)
Effondrement de l'éolienne	06/11/2018	Guigneville	Loiret	Effondrement de l'éolienne	Effondrement de l'éolienne	ARIA (n°52558)
Chute d'éléments	18/11/2018	Conilhac-Corbières	Aude	Les 3 aérofrenes d'une pale d'éolienne a chuté au sol	L'éolienne s'est arrêtée à la suite de l'ouverture de la chaîne de sécurité	ARIA (n°52653)
Rupture de pale	19/11/2018	Ollezy	Aisne	Chute d'un morceau de pale	Défaut de fabrication	ARIA (n°52638)
Chute d'éléments	03/01/2019	La Limouzinière	Loire-Atlantique	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne de 78 m de haut, avec débris au sol et huile enflammée au sol.	Un phénomène harmonique à la fréquence de rotation de la génératrice	ARIA (n°52838)
Incendie	20/01/2019	Roussas	Drôme			ARIA (n°52993)
Effondrement d'une éolienne	23/01/2019	Campeaux, Boutavent	Oise	Mât de l'éolienne plié en 2 probablement dû à un problème sur le générateur	Effondrement de l'éolienne	ARIA (n°53010)
Chute d'une pale	30/01/2019	Roquetaillade Conilhac-de-la-Montagne	Aude	La pale d'un aérogénérateur a chuté au sol.	Défaillance matérielle	ARIA (n°53139)
Chute d'un fragment de pale	17/01/2019	Bambiderstroff Longeville-lès-Saint-Avold	Moselle	Bris et projection de plusieurs morceaux de pale	Défaillance matérielle	ARIA (n°52967)
Incendie	18/06/2019	Quesnoy-sur-Airaines	Somme			ARIA (n°53857)
Chute d'éléments	25/06/2019	Ambon	Morbihan	Suite à un incendie, des éléments chutent de l'éolienne	Maintenance	ARIA (n°53860)
Rupture de pale	27/06/2019	Charly-sur-Marne	Aisne	Projection d'un bout de pale abîmée lors de la mise à l'arrêt suite à une inspection	Défaillance	ARIA (n°53894)
Chute d'éléments	04/09/2019	Escales-Cornilhac	Aube	Arrêt brutal suivi de la chute de eux aérofrenes	Inconnue	ARIA (n°54407)
Chute d'éléments	28/11/2019	Hangest-en-Nanterre	Somme	Le capot se situant à l'extrémité de la nacelle d'une éolienne se décroche et tombe au sol.	Inconnue	ARIA (n°54761)
Rupture de pale	09/12/2019	La Forêt de Tessé	Charente	Pale brisée en plusieurs morceaux	Inconnue	ARIA (n°54810)
Incendie	17/12/2019	Ambonville	Haute-Marne		Défaillance électrique	ARIA (n°54820)

Type d'accident	Date	Commune	Département	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source de l'information
Chute d'éléments	22/01/2020	Sainte-Seine-l'Abbaye	Côte d'Or	Glissement d'un jointe de pale	Défaillance matérielle	ARIA (n°55331)
Rupture de pale	09/02/2020	Beaurevoir	Aisne	Chute d'une pale lors de l'arrêt d'une machine pour maintenance	Tempête	ARIA (n°55055)
Chute d'éléments	26/02/2020	Theil-Rabier	Charente	Une pale d'éolienne se rompt et des fragments tombent au sol	Défaillance matérielle	ARIA (n°55311)
Incendie	29/03/2020	Boisbergues	Somme	Fuite d'huile		ARIA (n°55133)
Incendie	24/03/2020	Flavin	Aveyron		Inconnue	ARIA (n°55294)
Incendie	20/04/2020	Vauclin	Martinique	Incendie sur éolienne au sol en cours de démantèlement	Présence animale	ARIA (n°55456)
Rupture de pale	30/04/2020	Plouarzel	Finistère	Pliure d'une pale dont une partie chute au sol	Hypothèse d'une vitesse de vent supérieure à celle à l'origine du dimensionnement de l'éolienne	ARIA (n°55641)
Chute d'une pale d'éolienne	27/06/2020	Plemet	Côtes d'Armor	Chute au sol d'une pale complète	Perte d'adhérence entre les inserts métalliques de liaison du pied de la pale au moyeu du rotor	ARIA (n°55650)
Chute d'une pale d'éolienne	12/01/2021	Saint-Georges-sur-Arnon	Indre	Pale est en position verticale, déchirée depuis la base	Erreur de programmation du logiciel de commande des convertisseurs	ARIA (n°56597)
Rupture de pale	12/02/2021	Priez	Aisne	Casse d'une pale	Défaut de réparation	ARIA (n°56765)
Chute d'une pale d'éolienne	13/02/2021	Patay	Loiret	Arrachement de fibres de verre sur le bord de fuite de l'une des 3 pâles de la machine	Défaut de collage	ARIA (n°56753)