

PROJET DE PARC EOLIEN DES TROIS COMMUNES DU PLATEAU (02)

Pièce 6-1 : Etude de dangers

30 août 2022



CORIEAULYS

4 rue de la cure - 63730 MIREFLEURS

14 route de Magneux - 42110 Chambéon

*Signataire de la charte
d'engagement des bureaux d'études
dans le domaine de l'évaluation
environnementale*

Date	Version	Rédacteurs	Relecture
Avril 2020	V1	Marie-Laure Wasier Régis BICHON	Marie-Ange ZAK

Sauf mention contraire, l'ensemble des prises de vue proposées dans ce dossier a été réalisé par Corieaulys (© Corieaulys).

SOMMAIRE

A	PRÉAMBULE	6		
I	Objectif de l'étude de dangers	6		
II	Contexte législatif et réglementaire	6		
III	Nomenclature des installations classées	7		
B	INFORMATION GENERALE CONCERNANT L'INSTALLATION	8		
I	Renseignements administratifs	8		
I.1	Présentation de la société d'exploitation	8		
I.2	Présentation de l'opérateur : Eléments	8		
I.2.a	Structuration des projets Eléments	9		
I.2.b	L'expertise d'Eléments	9		
I.2.c	Eléments en quelques chiffres	9		
I.2.d	Démarche qualité	9		
II	Localisation du site	10		
III	Définition de l'aire d'étude	11		
C	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	14		
I	Environnement humain	14		
I.1	Zones urbanisées	14		
I.2	Etablissements recevant du public (ERP)	16		
I.3	Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base	16		
I.4	Autres activités	16		
II	Environnement naturel	17		
II.1	Contexte climatique	17		
II.1.a	Climat, températures et précipitations	17		
II.1.b	Contexte aérologique : le vent	19		
II.2	Risques naturels	20		
II.2.a	Sismicité	20		
II.2.b	Mouvements de terrain, Cavités	20		
II.2.c	Aléa retrait-gonflement des argiles	20		
II.2.d	Foudre	20		
II.2.e	Tempêtes	21		
II.2.f	Inondations	21		
II.2.a	Risque Incendie « feux de forêts »	23		
I	Environnement matériel	25		
I.1	Voies de communication	25		
I.1.a	Transport routier	25		
I.1.b	Transport ferroviaire	25		
I.1.c	Transport fluvial	25		
I.1.d	Transport aérien	26		
I.2	Réseaux publics et privés	28		
I.2.a	Transport d'électricité	28		
I.2.b	Canalisations de transport	28		
I.2.c	Réseaux d'assainissement	28		
I.2.d	Réseaux d'alimentation en eau potable	28		
I.2.e	Réseaux radioélectriques et de télécommunication	28		
I.3	Autres ouvrages publics	28		
II	Cartographie de synthèse	30		
D	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	33		
I	Caractéristiques de l'installation	33		
I.1	Caractéristiques générales d'un parc éolien	33		
I.1.a	Eléments constitutifs d'un aérogénérateur	34		
I.1.b	Emprise au sol	35		
I.1.c	Chemins d'accès	35		
I.2	Activité de l'installation	35		
I.3	Composition de l'installation	35		
II	Fonctionnement de l'installation	38		
II.1	Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur	38		
II.2	Les éoliennes Vestas	38		
II.2.a	Découpage fonctionnel	38		
II.2.b	Synthèse des caractéristiques de l'éolienne Vestas V150-4.2 MW	43		
II.3	Sécurité de l'installation	44		
II.3.a	Règles de conception et système qualité	44		
II.3.b	Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel	46		
II.3.c	Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes	47		
II.3.d	Méthodes et moyens d'intervention	48		
II.3.e	Accès sur le site	48		
II.4	Opérations de maintenance de l'installation	49		
II.4.a	Essai et mise en service	49		
II.4.b	Maintenance prédictive	49		
II.5	Stockage et flux de produits dangereux	50		
III	Fonctionnement des réseaux de l'installation	51		
III.1	Raccordement électrique	51		
III.1.a	Dans l'éolienne	51		
III.1.b	Réseau inter-éolien	51		
III.1.c	Poste de livraison	51		
III.1.d	Réseau électrique externe	51		
III.2	Autres réseaux	51		
E	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	52		
I	Potentiers de dangers liés aux produits	52		
II	Potentiers de dangers liés au fonctionnement de l'installation	54		

III	Réduction des potentiels de dangers à la source	54	II.2.a	Considérations générales	77
III.1	Principales actions préventives	54	II.2.b	Zone d'effet	77
III.1.a	Réduction des dangers liés aux produits	54	II.2.c	Intensité	77
III.1.b	Réduction des dangers liés aux installations	55	II.2.d	Gravité	77
III.2	Utilisation des meilleures techniques disponibles	56	II.2.e	Probabilité	78
F	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	57	II.2.f	Acceptabilité	78
I	Inventaires des accidents et incidents en France	57	II.3	Chute d'éléments de l'éolienne	79
II	Inventaires des accidents et incidents à l'international	58	II.3.a	Zone d'effet	79
III	Inventaires des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant	60	II.3.b	Intensité	79
IV	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	60	II.3.c	Gravité	79
IV.1	Analyse de l'évolution des accidents en France	60	II.3.d	Probabilité	79
IV.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	60	II.3.e	Acceptabilité	80
V	Limites d'utilisation de l'accidentologie	60	II.4	Projection de pales ou de fragments de pales	81
G	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	62	II.4.a	Zone d'effet	81
I	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	62	II.4.b	Intensité	81
II	Recensement des évènements initiateurs exclus de l'analyse des risques	62	II.4.c	Gravité	81
III	Recensement des agressions externes potentielles	62	II.4.d	Probabilité	83
III.1	Agression externes liées aux activités humaines	62	II.4.e	Acceptabilité	83
III.2	Agressions externes liées aux phénomènes naturels	63	II.5	Projection de glace	84
IV	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	63	II.5.a	Zone d'effet	84
V	Effets dominos	66	II.5.b	Intensité	84
VI	Mise en place des mesures de sécurité	66	II.5.c	Gravité	85
VI.1	Organisation humaine	71	II.5.d	Probabilité	86
VI.2	Surveillance et intervention	71	II.5.e	Acceptabilité	86
VI.3	Prestataires	71	III	Synthèse de l'étude détaillée des risques	87
VII	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	71	III.1	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	87
H	ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	72	III.2	Synthèse de l'acceptabilité des risques	87
I	Rappel des définitions	72	III.3	Cartographie des risques	87
I.1	Cinétique	72	I	CONCLUSION	94
I.2	Intensité	72	J	TABLE DES ILLUSTRATIONS	95
I.3	Gravité	73	K	LES ANNEXES	97
I.4	Probabilité	73	ANNEXE 1 :	MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ POTENTIELLE D'UN ACCIDENT À PROXIMITÉ D'UNE ÉOLIENNE	97
II	Caractérisation des scénarios retenus	74	I.1	Terrains non bâtis	97
II.1	Effondrement de l'éolienne	74	I.2	Voies de circulation	97
II.1.a	Zone d'effet	74	I.2.a	Voies de circulation automobiles	97
II.1.b	Intensité	74	I.2.b	Voies ferroviaires	97
II.1.c	Gravité	75	I.2.c	Voies navigables	97
II.1.d	Probabilité	76	I.2.d	Chemins et voies piétonnes	97
II.1.e	Acceptabilité	76	I.3	Logements	98
II.2	Chute de glace	77	I.4	Etablissements recevant du public (ERP)	98
			I.5	Zones d'activité	98
			ANNEXE 2 :	TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE	99
			ANNEXE 3 :	SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES	112
			I.1	Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)	112

I.1.a	Scénario G01	112
I.1.b	Scénario G02	112
I.2	Scénarios relatifs aux risques d’incendie (I01 à I07).....	112
I.3	Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02).....	113
I.3.a	Scénario F01	113
I.3.b	Scénario F02	113
I.4	Scénarios relatifs aux risques de chute d’éléments (C01 à C03)	114
I.5	Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06).....	114
I.5.a	Scénario P01.....	114
I.5.b	Scénario P02.....	114
I.5.c	Scénarios P03	114
I.6	Scénarios relatifs aux risques d’effondrement des éoliennes (E01 à E07).....	114
ANNEXE 4 :	PROBABILITÉ D’ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL.....	115
ANNEXE 5 :	GLOSSAIRE	116
ANNEXE 6 :	BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES	119
ANNEXE 7 :	DESCRIPTIF DES CONTRATS DE MAINTENANCE.....	120
ANNEXE 8 :	LISTE DES SUBSTANCES CHIMIQUES PRESENTES DANS LES EOLIENNES OU UTILISEES LORS DE LA MAINTENANCE.....	121
ANNEXE 9 :	PRINCIPALES OPERATIONS DE MAINTENANCE LORS DE L’INSPECTION DES 3 MOIS.....	123
ANNEXE 10 :	OPERATIONS DE MAINTENANCE SUPPLEMENTAIRES LORS DES INSPECTIONS ANNUELLES	124

A PRÉAMBULE

I OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par Eléments pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien des Trois Communes du Plateau (appelé aussi parc éolien de Brenelle-Courcelles-Saint-Mard), 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 des Trois Communes du Plateau. 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 des Trois Communes du Plateau, 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.

II 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 autorisation¹ fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accidents 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 font l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact jointe à la demande d'autorisation environnementale.

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.

¹ 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

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

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

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

III NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSÉES

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

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

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

Tableau 1 : Classement ICPE du parc éolien

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

L'Arrêté ministériel 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 réglemente le projet de parc éolien des Trois Communes du Plateau.

B INFORMATION GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION

I RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Afin d'assurer l'exploitation du parc éolien situé sur les communes de Brenelle, Courcelles-sur-Vesle et Saint-Mard, la société de développement Eléments a créé la société SAS « PE BCVM ». Son objet est l'exploitation d'éoliennes et la vente d'électricité à ENEDIS.

I.1 PRÉSENTATION DE LA SOCIÉTÉ D'EXPLOITATION

Le pétitionnaire est la société SAS « PE BCVM », propriété d'Eléments (à 49%) et de la SAS NORIA (à 51%).

Les demandes, pour tous les droits nécessaires à la construction et à l'exploitation des installations (permis de construire, autorisation d'exploiter...), sont effectuées par Eléments au nom et pour le compte du pétitionnaire.

Cette étude a été réalisée pour le compte de la société Eléments par Corieaulys.

L'étude de dangers est présentée par :

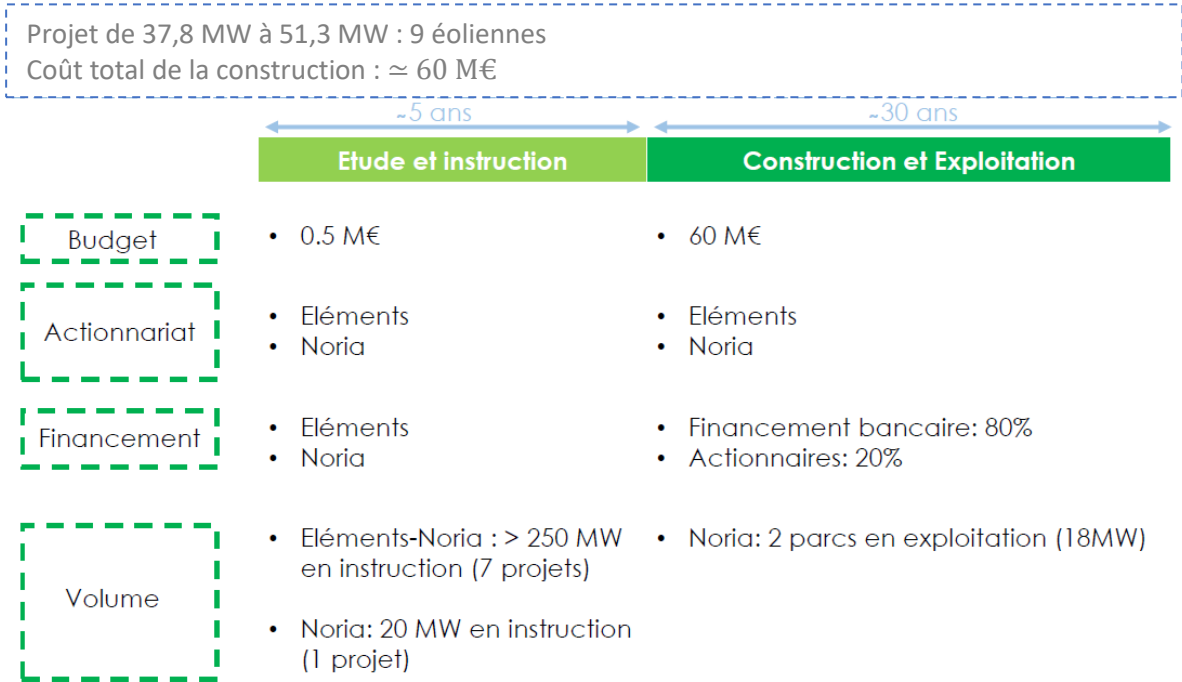
• Raison sociale :	PE BCVM
• Forme juridique :	SAS (Société par Actions Simplifiée)
• N° SIRET :	En cours d'immatriculation lors de la rédaction de l'étude
• N° SIREN :	En cours d'immatriculation lors de la rédaction de l'étude
• Activités principales :	3511Z - production d'électricité (Exploitation d'une centrale éolienne)
• Adresse du siège social :	5, rue Anatole France, 34000 Montpellier
• Personne responsable de l'étude :	Pierre-Alexandre CICHOSTEPSKI, Président de la SAS Eléments
• Téléphone :	04 34 26 61 67

I.2 PRÉSENTATION DE L'OPÉRATEUR : ÉLÉMENTS

Eléments est une entreprise 100% française de 30 personnes spécialisée dans la production d'électricité verte, issue des filières des EnR (éolien, PV, hydro). Elle possède les compétences métier transverses (développer, construire et exploiter), et innove avec des solutions de consommation de l'électron local. Elle favorise en outre l'investissement participatif des acteurs.



1.2.a STRUCTURATION DES PROJETS ÉLÉMENTS



1.2.b L'EXPERTISE D'ÉLÉMENTS



1.2.c ÉLÉMENTS EN QUELQUES CHIFFRES

- 4 agences – Siège à Montpellier
30 personnes
- 18 MW en exploitation*
- 200 MW en développement/instruction*
600 MW en prospection
- Photovoltaïque :
100 MW en développement
250 MW en prospection
- Hydroélectricité
7 MW en développement
10 MW en prospection

Le groupe NORIA : 1 actionnaire de référence (Dualsun, Kyothem, Effypilot,...)

Eléments est labélisé French Tech

1.2.d DEMARCHE QUALITE

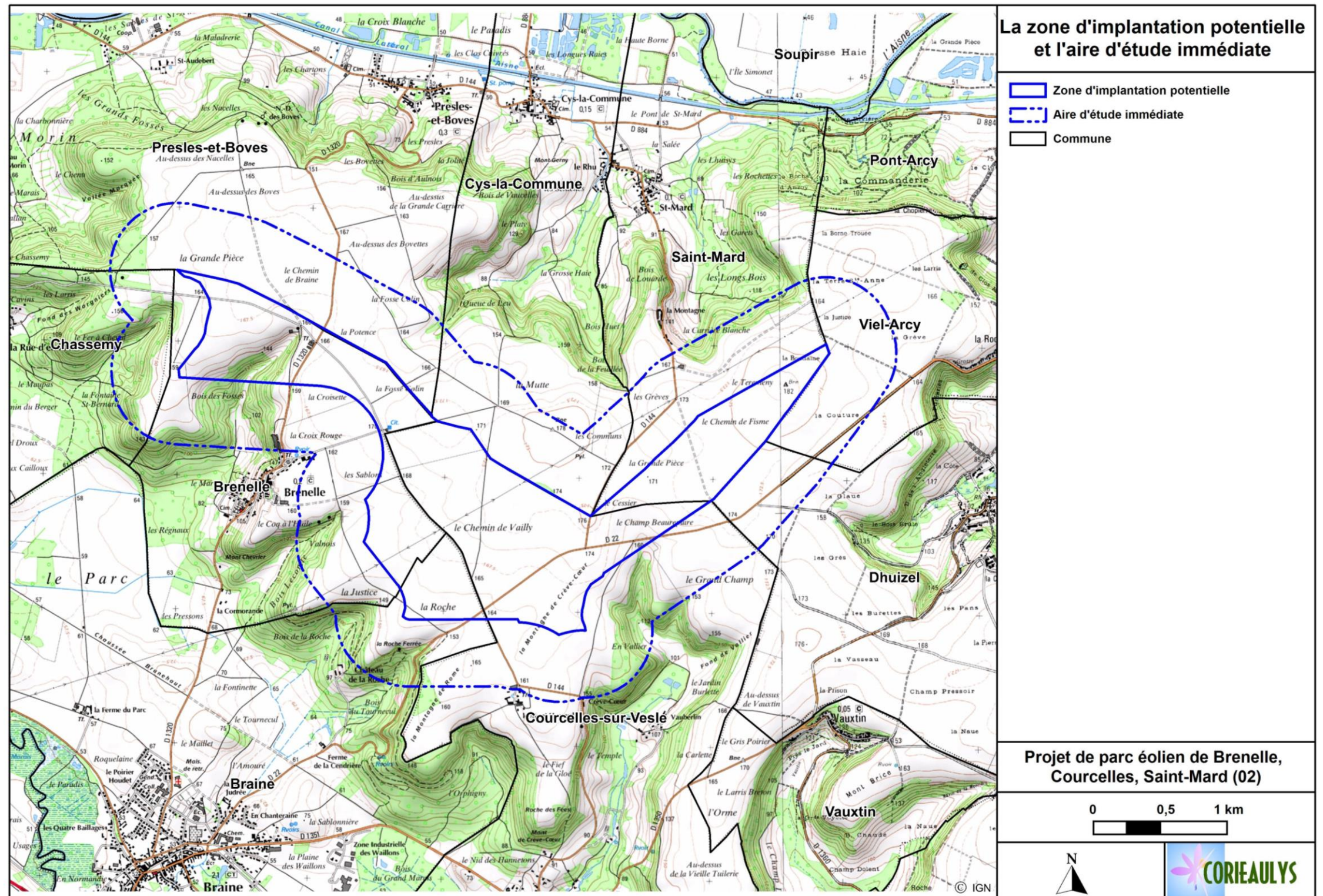
- AMORCE** : Eléments développe ses projets en lien avec les collectivités selon la charte Amorce dont elle est signataire
- DERBI** : Eléments est membre du pôle de compétitivité Derbi
- FRENCH TECH** : Eléments est labélisé French Tech pour son projet « Electron local » qui étudie les schémas économiques de fourniture d'une électricité locale aux riverains des parcs éoliens
Eléments a été lauréat d'une bourse de la Banque Publique d'Investissement

II LOCALISATION DU SITE

Le projet éolien des Trois Communes du Plateau, composé de neuf aérogénérateurs, est localisé sur les communes de Brenelle, Courcelles-sur-Vesle et Saint-Mard, dans le département de l'Aisne, en région Hauts-de-France. La zone d'implantation potentielle de l'étude d'impact concerne également la commune de Braine.

L'activité principale de l'installation est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent. Parmi les 3 modèles d'éoliennes envisagés par l'opérateur, le modèle d'éolienne retenu pour la présente étude de dangers est la V150-4.2 MW du fabricant Vestas. Le mât a une hauteur de 105 mètres, le diamètre du rotor est de 150 mètres pour une hauteur totale en bout de pale de 180 mètres. La puissance unitaire de ce modèle est de 4,2 MW pour une capacité totale de 37,8 MW. La localisation des installations est précisée dans le tableau 3 en pages suivantes.

Carte 1 : La zone d'implantation potentielle



III 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, telle que définie au paragraphe HII.4.a en page 81.

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

La carte en page suivante indique l'emprise de cette zone d'étude, définie par un éloignement de 500 mètres du pied des éoliennes. Cette aire d'étude se répartit en 2 secteurs. Un secteur ouest commun aux éoliennes E01 à E05, et un autre à l'est commun aux éoliennes E06 à E09. Elle se situe majoritairement sur les communes porteuses du projet (Brenelle, Courcelles-sur-Vesle et Saint-Mard), mais aussi sur les communes de Presles-et-Boves, Cys-la-Commune, Viel-Arcy, Dhuizel et Braine.

Commune	Surface de l'aire d'étude concernée (en ha)
Brenelle	80,69
Courcelles-sur-Vesle	153,28
Saint-Mard	113,44
Presles-et-Boves	28,95
Cys-la-Commune	56,58
Viel-Arcy	19,19
Dhuizel	25,78
Braine	22,13
Total	500,02

Tableau 2 : Surface de l'aire d'étude par commune

Les éoliennes se situent, au plus proche :

- A près de 900 m du bourg de Brenelle,
- A 2,3 km du bourg de Courcelles-sur-Vesle
- A 2,1 km du bourg de Saint-Mard
- A 1,5 km du bourg de Dhuizel,
- A 1,2 km du bourg de Presles et Boves
- 2,3 km de Cys-la-Commune
- 1,7 km de Viel-Arcy,
- A 2,4 km du bourg de Braine

Les éoliennes et les aménagements connexes s'insèrent dans un contexte agricole (essentiellement **blé tendre** et **autres cultures industrielles**). Quelques secteurs boisés sont rencontrés en limite sud de l'aire d'étude (zone est).

Deux routes départementales concernent la zone d'étude : la RD144 et la RD22. Elles passent respectivement au plus près à 189 m au nord-ouest de E06 et à 220 m au sud de E06.

Un réseau de chemins et voiries secondaires est présent au sein de l'aire d'étude. Une voie revêtue passe au sud-ouest des éoliennes E01, E02 et E05 et à proximité de E03. Les autres sont en terre et utilisées à des fins agricoles.

Au-delà de la zone d'étude, des zones habitées sont présentes au niveau des bourgs des communes précédemment listées : très peu d'habitats diffus ou de hameaux existent. On note toutefois le hameau de « La Montagne », sur la commune de Saint-Mard, au nord de E08. Ce sont les habitations les plus proches du parc éolien, distantes au plus près de 689 m de E08.

Au sud du parc, le château de la Roche (commune de Braine), et les lieux-dits « le Mont Hussard » et « Vauberlin » (commune de Courcelles-sur-Vesle) sont les plus proches du parc éolien mais en sont éloignés au minimum de plus d'1 km.

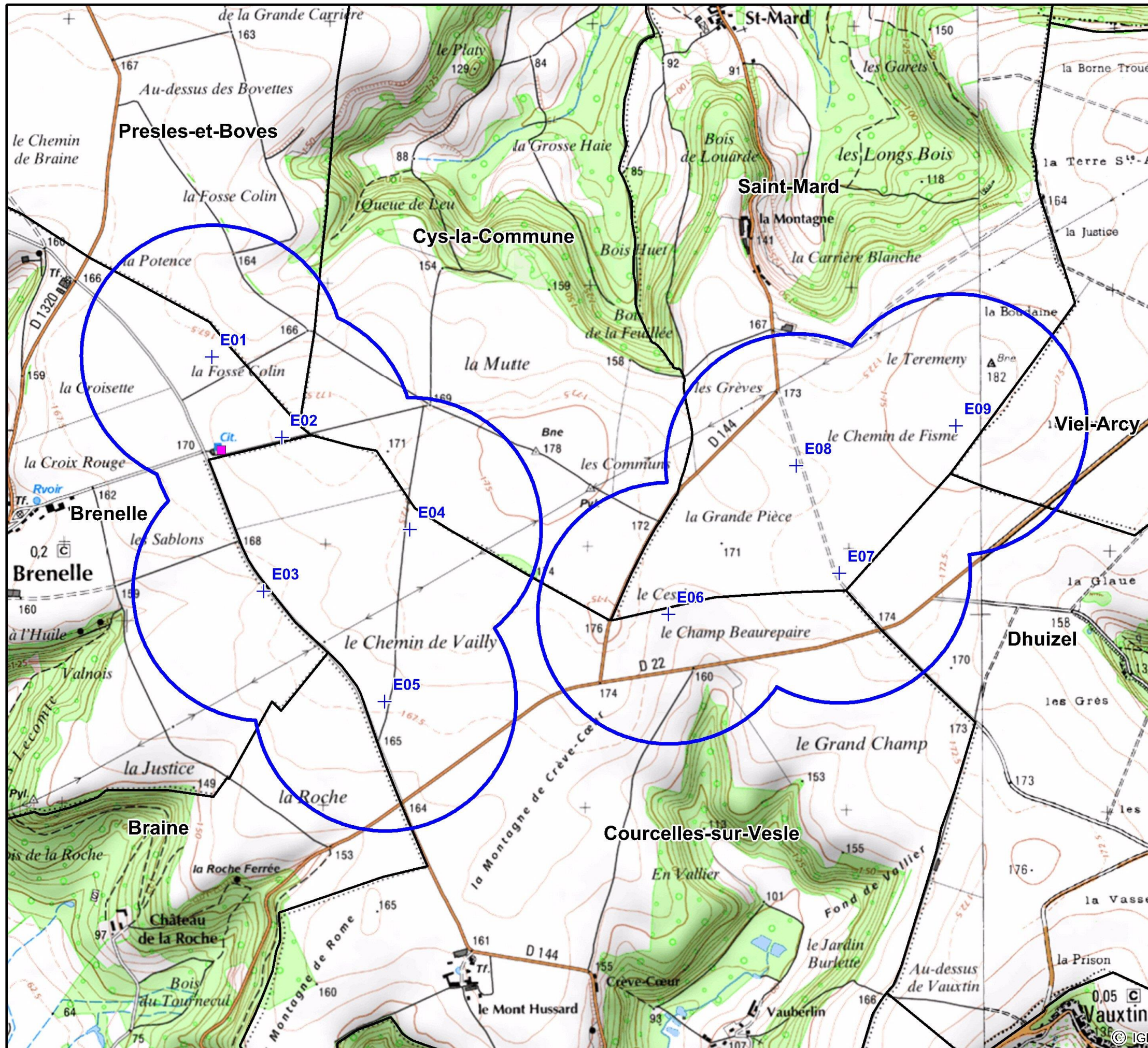
Une ligne électrique 20 kV aérienne traverse la zone d'étude du nord-est au sud-ouest. Une autre ligne électrique 20 kV souterraine longe la voirie secondaire revêtue dans le sud-ouest de l'aire d'étude.

Enfin, un faisceau hertzien de Bouygues Telecom traverse l'aire d'étude du nord-ouest au sud-est.

Tableau 3 : Coordonnées géographiques des éoliennes

Nom de l'installation	Lambert93		WGS84		Altitude (Source LIDAR)
	X	Y	Latitude	Longitude	
E01	740400,035	6919533,92	49°22'26.557"N	3°33'22.086"E	167,5
E02	740668,207	6919226,23	49°22'16.539"N	3°33'35.267"E	172,5
E03	740597,994	6918636,65	49°21'57.477"N	3°33'31.581"E	165
E04	741158,206	6918873,75	49°22'5.020"N	3°33'59.422"E	171,5
E04 (décalée de 2,5m) *	741156,264	6918875,3	49°22'5,071"N	3°33'59,327"E	171,4
E05	741062,135	6918214,42	49°21'43.707"N	3°33'54.428"E	167,5
E06	742148,548	6918548,04	49°21'54.248"N	3°34'48.374"E	167
E07	742802,553	6918704,99	49°21'59.170"N	3°35'20.836"E	173,5
E08	742638,681	6919118,11	49°22'12.577"N	3°35'12.868"E	170,5
E09	743249,616	6919270,58	49°22'17.363"N	3°35'43.198"E	178,5
PDL	740432,346	6919170,6	49°22'14.793"N	3°33'23.560"E	169,5

* Pour rappel, l'emplacement de l'éolienne E04 a été décalé de 2,5 mètres en direction du nord, à la suite de la demande de RTE (voir pièce 8 du dossier de DAE).



Situation de l'installation

- Commune
- Le projet**
- + Eolienne
- Poste de livraison
- Aire d'étude 500 mètres des aérogénérateurs

Projet de parc éolien de Brenelle, Courcelles, Saint-Mard (02)

0 0,3 0,6 km



© IGN

C 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).

I ENVIRONNEMENT HUMAIN

I.1 ZONES URBANISÉES

L'aire d'étude du projet de parc éolien des Trois Communes du Plateau est située en contexte agricole à distance des habitations.

Le projet est localisé sur les communes de Brenelle, Courcelles-sur-Vesle et Saint-Mard. L'aire d'étude de 500 m des aérogénérateurs concerne également les communes de Presles-et-Boves, Cys-la-Commune, Viel-Arcy, Dhuizel et Braine.

Les communes de Brenelle, Courcelles-sur-Vesle et Saint-Mard accueillent respectivement 197, 361 et 109 habitants (données 2015), pour des densités comprises entre 23,2 et 45,4 hab/km², densité légèrement plus faible que celle de la CC du Val de l'Aisne (51,5 hab/km²). Ces taux sont à comparer à celui départemental (73,2 hab/km²) ou national (118,2 hab/km²). Ces communes sont faiblement peuplées et la population a globalement augmentée depuis 1968. Elles gardent toutefois un caractère rural.

Les zones d'habitations, se situant à proximité de la zone d'étude, sont les suivantes :

- Le hameau de la Montagne sur la commune de Saint-Mard, à 689 m au nord de E08
- Bourg de Brenelle à 881 m à l'ouest de E03;
- Le hameau du Mont Hussard sur la commune de Courcelles à un peu plus d'1 km de E05

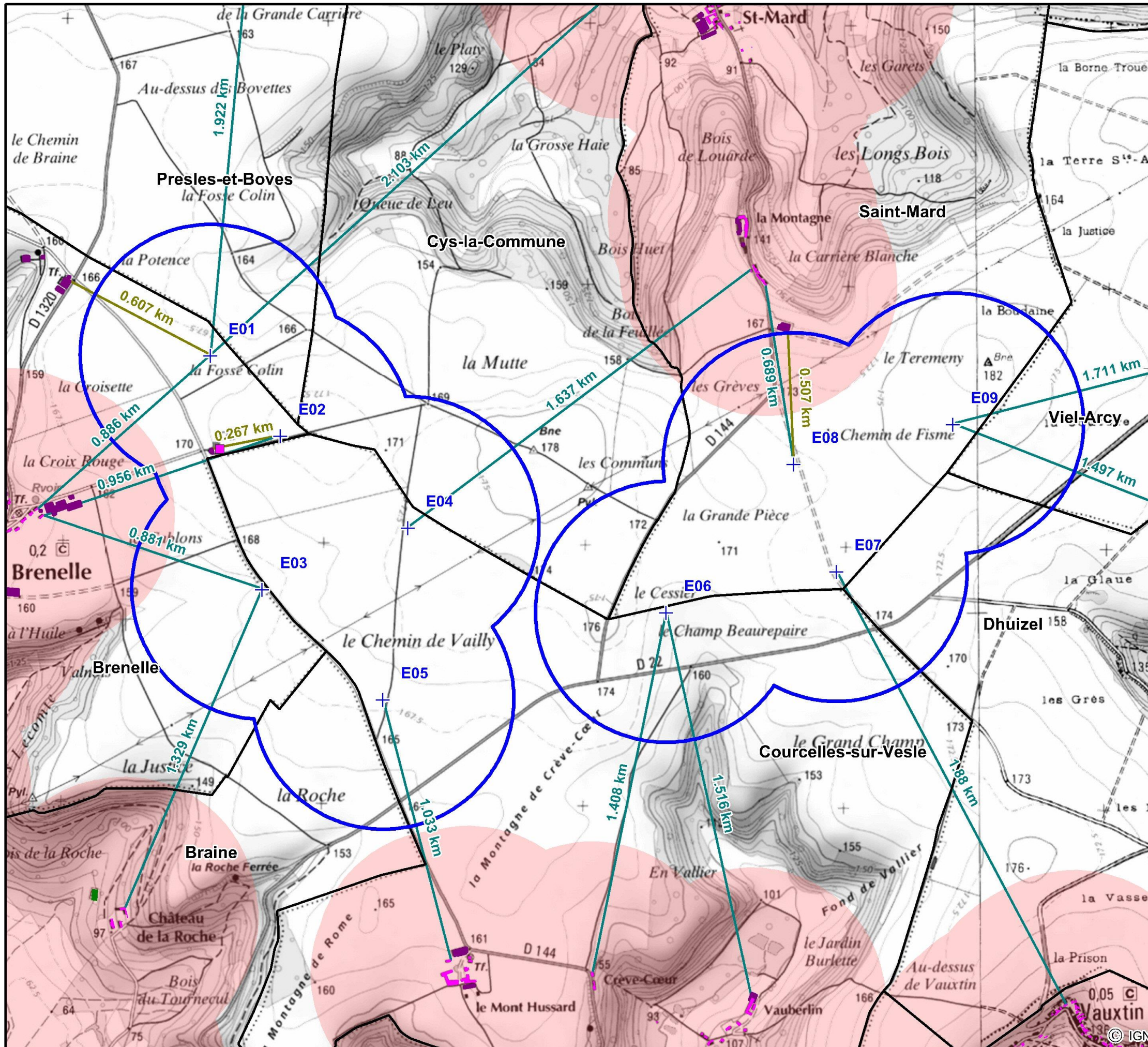
Toutes les autres habitations sont au-delà de 1300 m du parc éolien.

L'installation respecte la distance minimale de 500 mètres de toute construction à usage d'habitation conformément à l'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011.

Les communes de Brenelle, Cys-la-Commune, Viel-Arcy, Courcelles-sur-Vesle, Dhuizel et Saint-Mard sont régies par le Règlement National d'Urbanisme (RNU). **Les aérogénérateurs sont implantés à plus de 500 m des habitations de ces communes.**

La commune de Presles-et-Boves possède une carte communale (CC) approuvée. **Aucune zone d'habitat ou à vocation d'activités ne se trouve à moins de 500 m des éoliennes.**

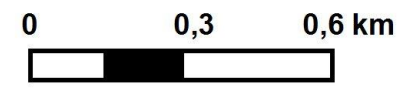
La commune de Braine a adopté son PLU le 19 juillet 2017. D'après le site de la commune, « il est en cours de révision depuis le 23 octobre 2017 ». Dans ce PLU, la partie de l'aire d'étude concernée se situe en zone agricole (A). **Les installations, ainsi que le périmètre d'étude de 500 mètres, sont situés exclusivement en dehors des zones d'habitat et constructibles.**



Zones urbanisées

- Commune
- Le projet**
- + Eolienne
- Poste de livraison
- Aire d'étude
500 mètres des aérogénérateurs
- Les zones urbanisées**
- Habitation et zone habitée
- 500 m des habitations
et des zones habitées
- Autre bâtiment
- Terrain de sport
- Cimetière
- Distance aux habitations
les plus proches
- Distance aux autres bâtiments
les plus proches

Projet de parc éolien de Brenelle,
Courcelles, Saint-Mard (02)



© IGN

I.2 ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Les établissements recevant du public dans les communes proches du projet sont majoritairement localisés dans les bourgs. Ils se trouvent tous à plus de 500 mètres des installations projetées.

Aucun établissement recevant du public (ERP) n'est présent dans le périmètre des 500 mètres des aérogénérateurs.

I.3 INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

Aucune installation classée pour la protection de l'environnement et/ou risque technologique, ni installation nucléaire ne concerne la zone d'étude. Selon la base de données des Installations Classées de la DREAL, on dénombre dans les 6 km du rayon d'affichage, les établissements industriels suivants :

Nom établissement	Secteur d'activité	Commune	Etat d'activité
Environnement Valorisation Négoce – EVN SARL	Récupération de déchets triés	Braine	En fonctionnement
UNILEP – LACTINOV Braine	Fabrication de lait liquide et de produits frais	Braine	En fonctionnement
MAINTHERM SAS	Mécanique industrielle	Braine	Radiée le 27 juillet 2012
Société d'intérêt collectif agricole d'électricité (SICAE) de l'Aisne	Distribution d'électricité	Courcelles-sur-Vesle	En construction
Holcim Granulats	Carrière	Presles-et-Boves	En fonctionnement
Holcim Granulats	Carrière	Soupir	En fonctionnement
EQIOM granulats	Carrière	Moussy-Verneuil	En fonctionnement
EQIOM granulats	Carrière	Les Septvallons	En fonctionnement
LHI GREEN INFRASTRUCTURE II WIND FRANKRE	Parc éolien le Haut des Epinettes	Les Septvallons	En fonctionnement
Carrières de Dompierre	Carrière	Les Septvallons	En fonctionnement
FERTEMIS	Fabrication de fertilisants minéraux	Mont-Notre-Dame	En fonctionnement
EIFPAGE ROUTE (ex EIFPAGE)	Centrale d'enrobage de bitume à chaud	Ciry-Salsogne	En fonctionnement
DEMOTTIER Jacky (ex ROUTIER Pierre)	Métaux et déchets de métaux (transit)	Ciry-Salsogne	En fonctionnement
GSM Ciry Salsogne	Carrière	Ciry-Salsogne	En fonctionnement
EIFPAGE TRAVAUX PUBLICS NORD	Installations de stockage de déchets inertes	Ciry-Salsogne	En fonctionnement

Tableau 4 : Les ICPE présentes dans un rayon de 6 km

Les ICPE sont toutes situées à des distances nettement supérieures aux 500 mètres de l'aire d'étude. Elles ne présentent aucune contrainte particulière au regard du projet.

La décision n° 2014-DC-0392 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 14 janvier 2014 établissant la liste des installations nucléaires de base au 31 décembre 2016 ne recense aucune installation dans l'aire d'étude.

I.4 AUTRES ACTIVITÉS

L'aire d'étude est majoritairement agricole, cette activité est donc à prendre en compte. Quelques parcelles de forêt privée sont concernées par la zone d'étude, pour une très faible surface.

Les orientations technico-économiques des exploitations (OTEX) des communes de l'aire d'étude sont tournées vers la production végétale : « céréales et oléoprotéagineux » et « cultures générales (autres grandes cultures) », à l'exception de la commune de Braine dont l'OTEX est « polyculture et polyélevage ». Au niveau de l'aire d'étude, les terrains agricoles sont majoritairement occupés par des cultures intensives de blé et autres cultures industrielles. Une étude d'impact sur l'économie agricole est en cours de réalisation dans le cadre du projet.

D'après les données de l'Institut national de l'origine et de la qualité (INAO), l'ensemble des communes de l'aire d'étude sont concernées par l'IGP Volailles de la Champagne. Les communes de Braine, Brenelle, Courcelles-sur-Vesle, Cys-la-Commune et Dhuizel sont également concernées par l'aire géographique des AOC Champagne et Coteaux champenois. Toutefois, aucune vigne, ni élevage de volaille ne se trouve sur la ZIP.

L'expérience montre que les consommations de terres restent minimales pour un parc éolien qui s'avère un aménagement compatible avec l'exploitation agricole et permet in fine une double occupation des sols et des retombées économiques indépendantes des aléas climatiques et économiques liés à la filière aujourd'hui en crise.

De plus le projet respecte au mieux le parcellaire agricole afin d'optimiser les consommations d'espace et de minimiser la perturbation du travail de la terre lors des travaux et de l'exploitation du parc éolien.

Les surfaces boisées sont peu nombreuses au sein de l'aire d'étude et l'enjeu de production sylvicole y apparaît faible.

II ENVIRONNEMENT NATUREL

II.1 CONTEXTE CLIMATIQUE

II.1.a CLIMAT, TEMPÉRATURES ET PRÉCIPITATIONS

« Le climat axonais réunit les caractéristiques des climats océanique et continental. Les températures y sont le plus souvent modérées et l'amplitude thermique peu élevée (de l'ordre de 5°C l'hiver, 20°C l'été) ; les précipitations sont fréquentes (123 jours par an en moyenne), mais la pluviométrie moyenne (700 millimètres sur l'ensemble du département, à l'exception de la Thiérache où elle atteint 1000 millimètres par an). L'influence continentale se manifeste par des épisodes caniculaires l'été et des hivers parfois rigoureux »².

En ce qui concerne la ZIP, elle **est plus probablement concernée par un climat de type 3 : climat océanique dégradé des plaines du Centre et du nord.**

D'après les chiffres de la station météo de Soissons³, la moyenne annuelle des températures enregistrées est de 11,2°C. La température la plus élevée sur cette période a été 38,3°C (août) et celle la plus basse de -21,7°C (janvier). En moyenne, 56,8 jours dans l'année présentent une température égale ou inférieure à 0°C dont 10,8 jours avec une température égale ou inférieure à -5°C.

Au niveau des précipitations, la hauteur moyenne annuelle est de 730,9 mm.

Les données de climate-data.org permettent de préciser ces informations au niveau de Courcelles-sur-Vesle, commune accueillant la ZIP. Les **précipitations** y sont **importantes**. Même lors des mois les plus secs, les averses persistent encore. La moyenne des précipitations annuelles atteints 609 mm. La variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 25 mm.

Un climat tempéré est présent à Courcelles-sur-Vesle, avec une température annuelle moyenne de 10.1°C et une variation de 15.7 °C sur l'année. Avec une température moyenne de 17.7 °C, le mois de Juillet est le plus chaud de l'année. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 2.0 °C.

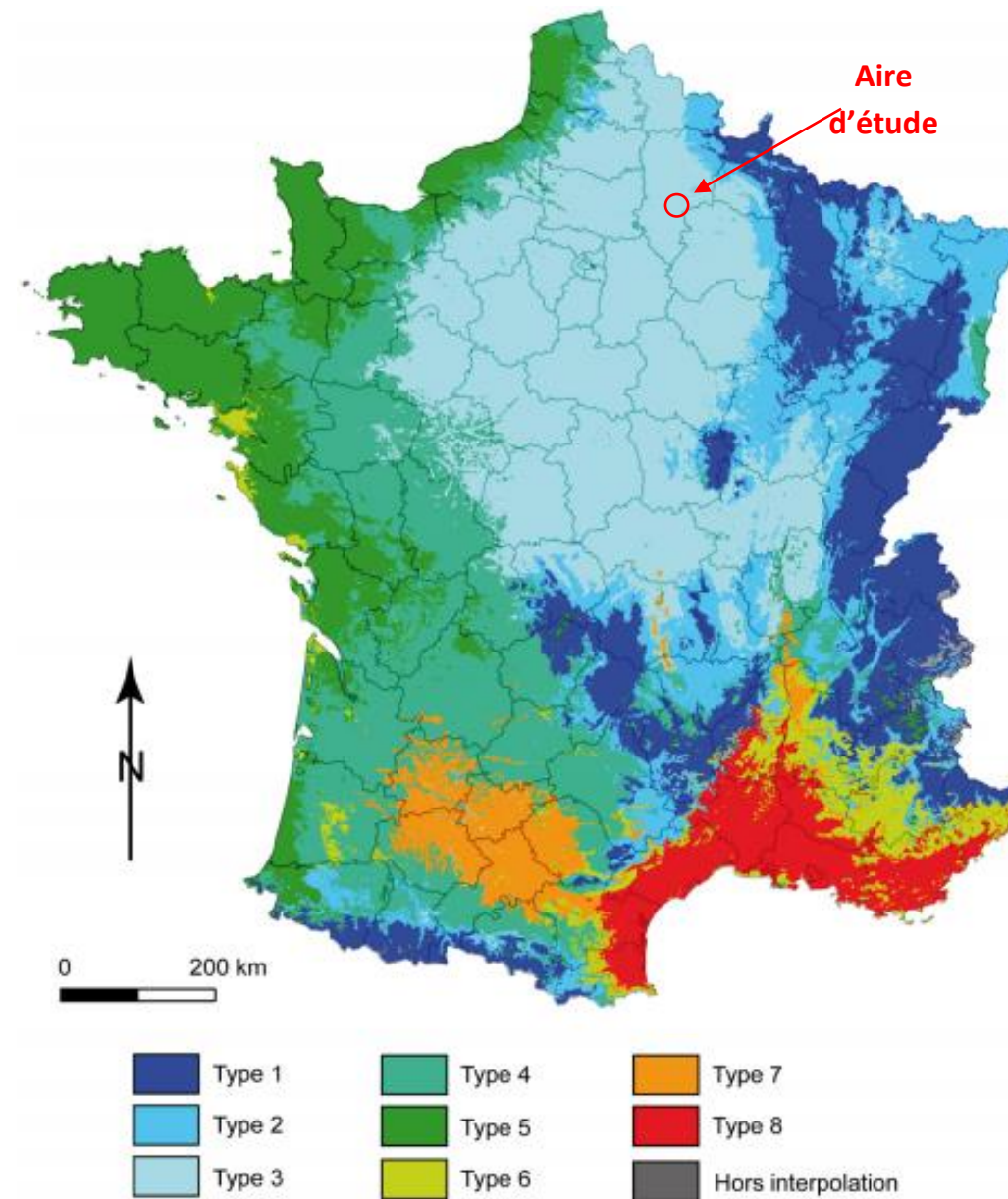


Figure 1 Typologie climatique du territoire français⁴

² Source : DDT de l'Aisne, 2017. Géographie de l'Aisne. 3 pages. Consultable en ligne : <http://www.aisne.gouv.fr/content/download/748/4908/file/G%C3%A9ographie%20de%20l'Aisne.pdf>

³ Source : Météo France, 2019. Fiche climatologique – station météo de Soissons. Téléchargeable en ligne : https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id_produit=117&id_rubrique=39

⁴ Source : Les types de climats en France, une construction spatiale par Daniel Joly, Thierry Brossard, Hervé Cardot, Jean Cavailhes, Mohamed Hilal et Pierre Wavresky. Légende : Type 1 : les climats de montagne, Type 2 : le climat semi-continental et le climat des marges montagnardes, Type 3 : le climat océanique dégradé des plaines du Centre et du nord, Type 4 : le climat océanique altéré, Type 5 : le climat océanique franc, Type 6 : le climat méditerranéen altéré, Type 7 : le climat du Bassin du sud-ouest, Type 8 : le climat méditerranéen franc.

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
La température la plus élevée (°C) <small>Records établis sur la période du 01-01-1963 au 31-01-2002</small>													
	17	20	24.1	28.5	32.2	35.5	37.3	38.3	32.6	27.9	20.6	17.8	38.3
Date	06-1999	24-1990	17-1990	30-1994	12-1998	26-2001	21-1995	11-1998	04-1973	03-1985	04-1994	16-1989	1998
Température maximale (moyenne en °C) <small>Statistiques établies sur la période 1981-2002</small>													
	6.7	7.9	12.1	15.2	19.9	22.2	25.5	25.4	20.9	16.2	10.2	7.3	15.8
Température moyenne (moyenne en °C) <small>Statistiques établies sur la période 1981-2002</small>													
	3.6	4.1	7.6	9.9	14.2	16.7	19.4	19.2	15.6	11.8	6.9	4.6	11.2
Température minimale (moyenne en °C) <small>Statistiques établies sur la période 1981-2002</small>													
	0.6	0.3	3.1	4.7	8.6	11.2	13.3	13	10.2	7.3	3.5	1.8	6.5
La température la plus basse (°C) <small>Records établis sur la période du 01-01-1963 au 31-01-2002</small>													
	-21.7	-17.7	-9.5	-4.2	-1.5	2	4	4.1	-0.1	-4	-9.5	-16.7	-21.7
Date	17-1985	05-1963	07-1971	04-1973	01-1979	21-1964	09-1963	28-1979	26-1972	30-1997	24-1998	31-1970	1985
Nombre moyen de jours avec <small>Statistiques établies sur la période 1981-2002</small>													
Tx ≥ 30°C	.	.	.	.	0.5	1.7	5.5	5.1	0.2	.	.	.	13.0
Tx ≥ 25°C	.	.	.	0.6	6.1	8.4	16.6	16.2	4.7	0.8	.	.	53.3
Tx ≤ 0°C	2.4	0.9	.	.	.	.	.	.	.	0.2	1.1	.	4.7
Tn ≤ 0°C	13.7	13.5	7.3	3.1	0.1	.	.	.	.	1.4	7.1	10.5	56.8
Tn ≤ -5°C	3.8	3.9	0.2	.	.	.	.	.	.	0.9	2.0	.	10.8
Tn ≤ -10°C	1.1	0.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.1	1.4
<small>Tn : Température minimale, Tx : Température maximale</small>													
La hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm) <small>Records établis sur la période du 01-07-1962 au 31-01-2014</small>													
	52.5	32.1	30.9	25.7	54	46.5	41	75	34.5	35	33.9	31	75
Date	11-1993	14-1990	13-1980	07-1998	28-1992	17-1986	06-1999	13-2006	21-1987	24-1966	09-1966	24-2013	2006
Hauteur de précipitations (moyenne en mm)													
	62.9	51.6	59.2	53.8	65.1	58.8	68.2	63	55.8	64.7	57.5	70.3	730.9
Nombre moyen de jours avec													
Rr ≥ 1 mm	11.9	10.8	12.1	10.3	10.3	9.6	8.8	8.9	9.8	10.5	11.2	12.0	126.2
Rr ≥ 5 mm	4.2	3.5	4.2	3.8	4.6	4.0	4.2	3.7	3.8	4.2	4.0	5.0	49.2
Rr ≥ 10 mm	1.6	1.1	0.9	1.2	1.7	1.4	2.2	1.8	1.5	1.9	1.4	2.0	18.5
<small>Rr : Hauteur quotidienne de précipitations</small>													

Figure 2 : Statistiques climatiques de la station météo de Soissons (Source : Météo France, 2019)

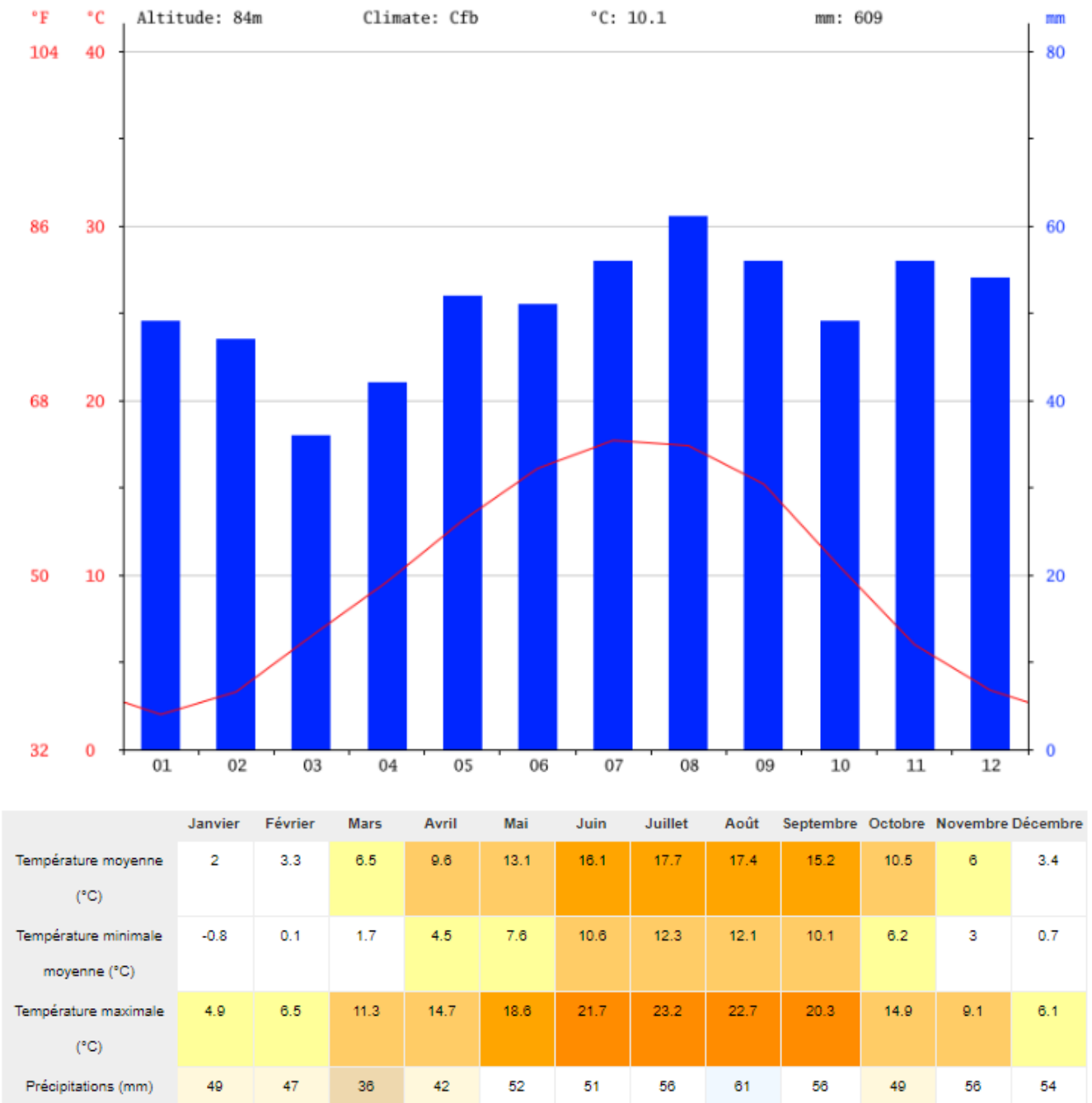


Figure 3 : Diagramme et tableau climatique de Courcelles-sur-Vesle (Source : climate-data.org)

II.1.b CONTEXTE AÉROLOGIQUE : LE VENT

1.A.1.a.1 - Contexte bibliographique : données du SRCAE

D'après le volet éolien du SRCAE, la ZIP se situe dans une zone où la vitesse du vent à 40 m au-dessus du sol varie entre 5 et 5,5 m/s, soit suffisante au développement de l'éolien.

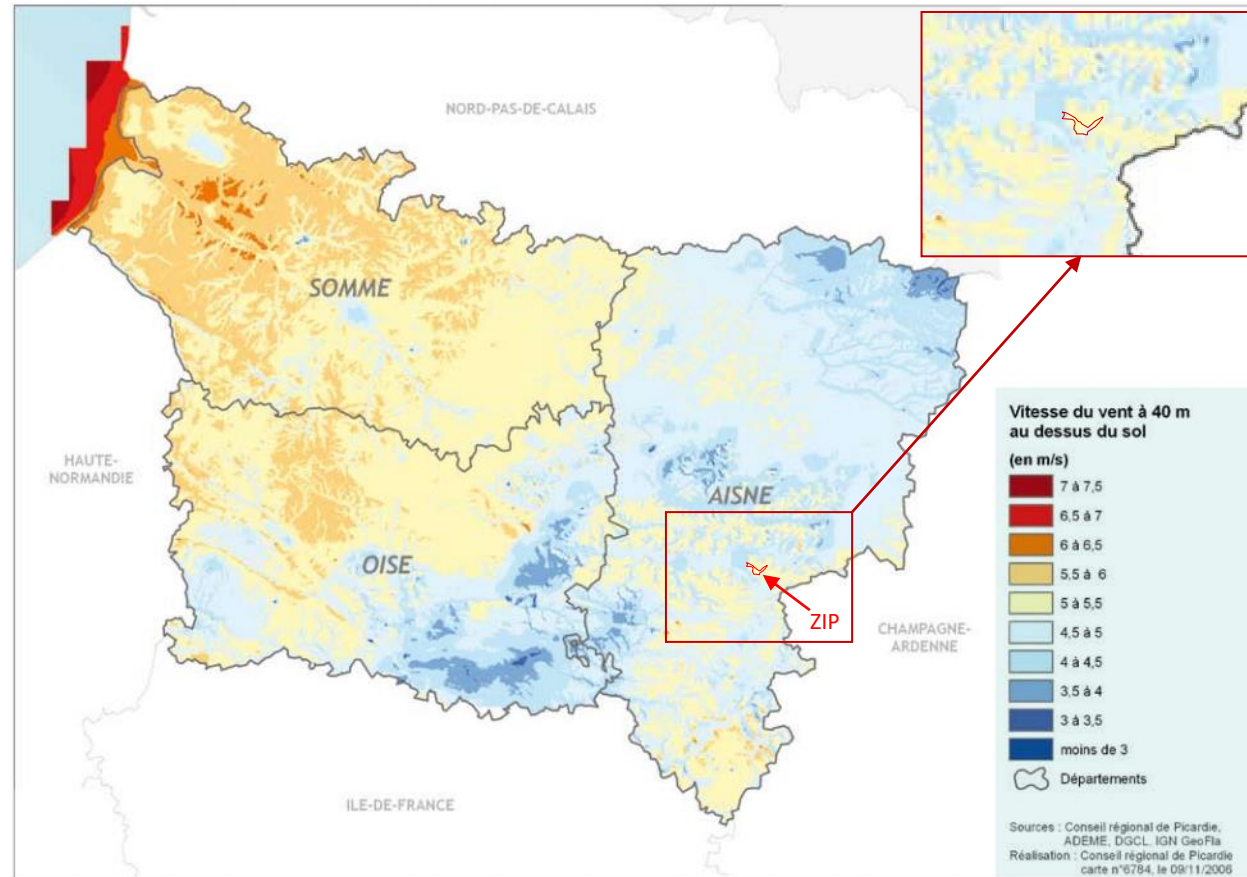


Figure 4 : Gisement éolien de la Picardie⁵

Une campagne de mesure anémométrique a été réalisée sur le site entre avril 2019 et avril 2020. Les données corrélées sur le long terme sont données ci-dessous :

Turbulences à 15m/s	
80m	13%
120m	12%

Classe
3B

Vents	Vmoy LT	A	k
80m	6,16	6,92	2,766
120m	6,83	7,7	2,385
	(m/s)		(m/s)

La **direction du vent principale** est **sud-sud-ouest** de façon très nette, ce secteur portant près de la moitié de l'énergie.

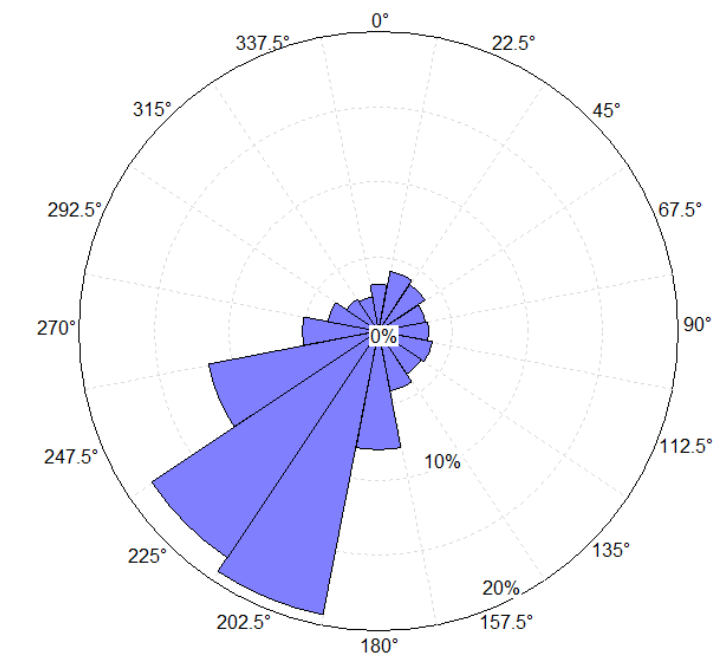


Figure 5 : Rose énergétique

L'étude permet donc de démontrer la très bonne ressource en vent du site, favorable à l'installation d'un parc éolien.

⁵ Source : Schéma Régional Eolien de la Picardie. 88 pages. Consultable en ligne : https://www.hauts-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/picardie_schema_regional_eolien.pdf

II.2 RISQUES NATURELS

Les différents risques naturels identifiés dans la zone d'étude sont développés dans le présent paragraphe. En effet, ces risques naturels sont susceptibles de constituer des agresseurs potentiels pour les éoliennes et seront donc pris en compte dans l'analyse préliminaire des risques.

Le site internet « georisques »⁶ recense les risques suivants :

- Séisme : zone de sismicité 1
- Inondation : par ruissellement et coulée de boue

Les 8 communes ont par ailleurs fait l'objet des arrêtés, portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, suivants :

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du	Communes
Inondation coulée de boue et mouvement de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999	Brenelle Courcelles-sur-Vesle Saint-Mard Braine Presles-et-Boves Cys-le-Commune Viel-Arcy Dhuizel
Inondations et coulées de boue	14/04/1983	15/04/1983	21/06/1983	24/06/1983	Braine Presles-et-Boves Cys-le-Commune Viel-Arcy
	23/06/1983	26/06/1983	03/08/1983	05/08/1983	Braine
	23/07/1988	23/07/1988	19/10/1988	03/11/1988	Braine
	26/05/1992	26/05/1992	06/11/1992	18/11/1992	Courcelles-sur-Vesle
	03/06/1992	03/06/1992	06/11/1992	18/11/1992	Courcelles-sur-Vesle
	17/12/1993	02/01/1994	11/01/1994	15/01/1994	Saint-Mard Presles-et-Boves Cys-le-Commune
	17/01/1995	05/02/1995	06/02/1995	08/02/1995	Cys-le-Commune
	26/03/2001	26/03/2001	26/03/2001	26/03/2001	Cys-le-Commune
	21/03/2001	29/03/2001	29/08/2001	26/09/2001	Braine
05/06/2015	05/06/2015	18/11/2015	19/11/2015	Braine	
Inondations par remontées de nappe phréatique	18/06/2001	31/01/2002	29/10/2002	09/11/2002	Courcelles-sur-Vesle

Tableau 5 : Catastrophes inventoriées sur les communes accueillant l'aire d'étude (d'après georisque.fr)

Les alinéas et cartes ci-après permettent de préciser les risques présents à l'échelle de l'aire d'étude.

II.2.a SISMICITÉ

Selon le Décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 et en vigueur depuis le 1^{er} mai 2011, les communes de l'aire d'étude sont classées en zone de sismicité 1 : zone de sismicité très faible.

II.2.b MOUVEMENTS DE TERRAIN, CAVITES

D'après le site internet Géorisques du ministère de la Transition écologique et solidaire, 8 cavités souterraines sont recensées sur les communes accueillant l'aire d'étude : 4 sur Braine, 3 sur Brenelle, 1 sur Courcelles-sur-Vesle et aucune sur Saint-Mard. Il s'agit principalement de carrières et d'ouvrages civils. Aucune ne se situe au sien de l'aire d'étude.

Les mouvements de terrain les plus proches sont à environ 1 km au nord de l'aire d'étude.

II.2.c ALÉA RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

La consultation du site « Géorisques » du BRGM indique qu'il existe un risque d'aléa retrait-gonflement des argiles de **niveau nul à faible** sur l'ensemble de la zone d'étude de 500 m des aérogénérateurs. A noter que des études géotechniques sont systématiquement réalisées avant travaux au droit des implantations.

II.2.d Foudre

Selon la carte de la densité de foudroiement par département en France, le département de l'Aisne possède une densité de foudroiement moyenne de $N_g = 0,8$ impact/an/km².

La consultation de la base de données Foudre de Météorage⁷ permet toutefois de préciser ces données sur le secteur réellement concerné par le projet.

Ainsi la densité moyenne de foudroiement sur le département de l'Aisne est de 0,8949 nsg/km²/an (63^{ème} rang national sur 96 départements).

La commune de Courcelles-sur-Vesle présente une densité de foudroiement de 1,07 nsg/km²/an, soit une densité faible.

⁶ Source : <http://www.georisques.gouv.fr/>

⁷ Source : METEORAGE, Statistiques du foudroiement, <http://www.meteorage.fr>

→ N_{SG} : 1,07 impacts/km²/an



Indice de confiance statistique : **Excellent**

L'intervalle de confiance à 95% est : [0,88 - 1,32].

→ Nombre de jours d'orage : 6 jours par an

Figure 6 : Extrait des statistiques en ligne de foudroiement 2008-2017 (source : Météorage)

La commune compte en moyenne 6 jours d'orage par an. La majeure partie des jours d'orage est comptabilisée l'été et, plus particulièrement, au mois de juin, comme le montre la figure suivante :

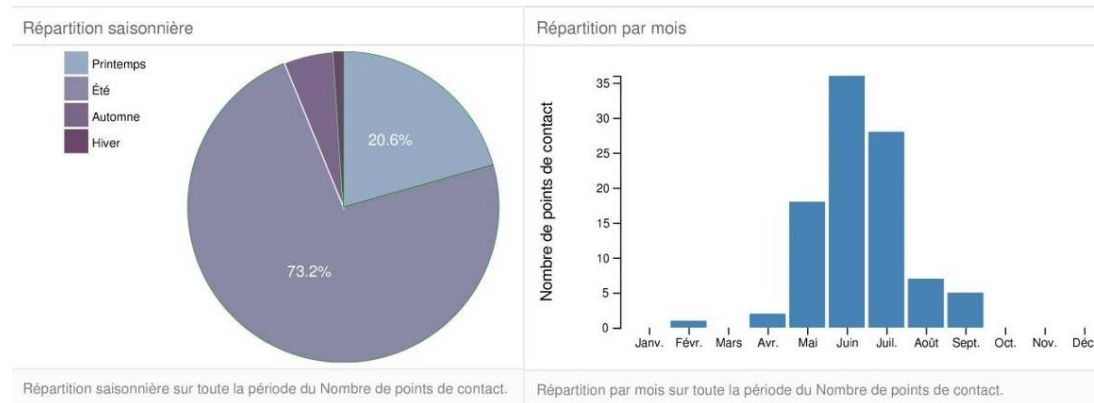


Figure 7 : Répartition des orages sur la commune de Courcelles-sur-Vesle 2009-2018 (Source : Météorage)

On peut donc en conclure que le risque « foudre », à l'échelle de l'aire d'étude, est faible.

II.2.e TEMPÊTES

Le DDRM de l'Aisne n'évoque pas de risques liés aux événements météorologiques extrêmes tels que des tempêtes ou des tornades, mais ce risque ne peut être totalement exclu.

Le rapport de Météolien précise que le vent maximal 10min relevé sur la période est de 23.1m/s les 9 et 16 février 2020. La rafale maximale 3s est de 34.9m/s.

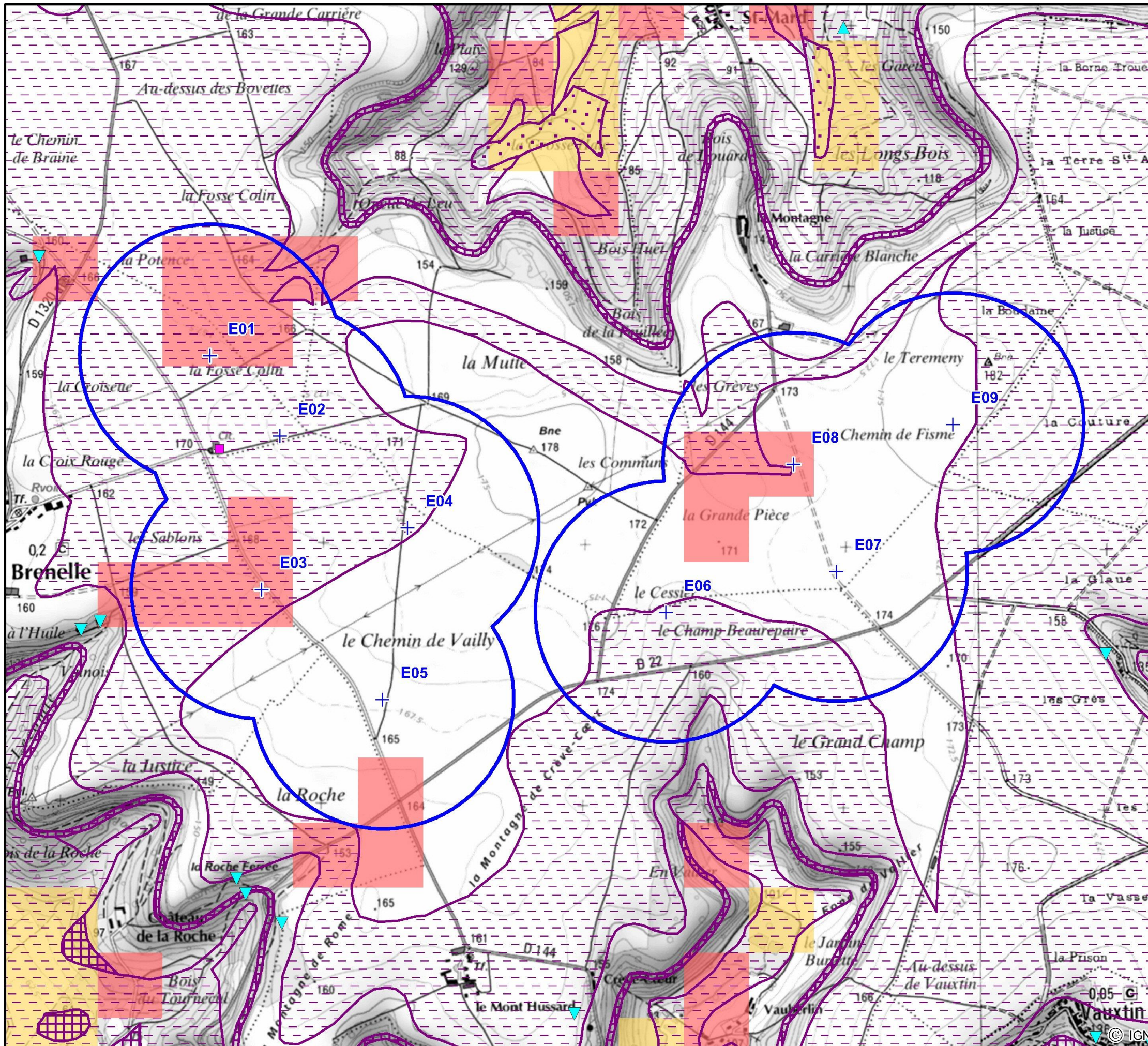
Le risque tempête ne fait pas partie des risques majeurs sur les communes accueillant l'aire d'étude, mais cela reste un risque qui ne peut être totalement exclu.

II.2.f INONDATIONS

Il apparaît que le territoire étudié se situe en tête de bassins versants et en dehors des 16 territoires à risque important d'inondation (TRI). D'après les données issues du site du BRGM infoterre, une faible partie de l'aire d'étude est potentiellement concernée par l'aléa remontée de nappe, risque qui devient plus important au niveau des cours d'eau autour de cette aire d'étude.

Le DDRM de l'Aisne indique que les communes de l'aire d'étude sont concernées par un risque d'inondations et de coulées de boue. Cela est confirmé par le site de la DDT de l'Aisne et la base Géorisques qui précisent que ces communes sont recensées dans un atlas des zones inondables et sont concernées par le plan de prévention des risques (PPR) de la « Vallée de l'Aisne entre Montigny Lengrain et Evergnicourt ». Toutefois, l'aire d'étude se situe en dehors des zonages réglementaires de ce PPR. Douze arrêtés de catastrophe naturelle liés à ce risque concernent les communes accueillant l'aire d'étude.

Les éoliennes E01, E03 et E08 seraient concernées par un aléa remontée de nappe. Toutefois l'échelle des données disponible ne permet pas une analyse plus précise de cet aléa sur l'aire d'étude.



Les risques naturels

Le projet

- + Eolienne
- Poste de livraison
- Aire d'étude
500 mètres des aérogénérateurs

Aléas remontée de nappe (BRGM <http://www.georisques.gouv.fr/>)

- Zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe
- Zones potentiellement sujettes aux inondations de cave

Aléas retrait gonflement des argiles (BRGM <http://www.georisques.gouv.fr/>)

- Faible
- Moyen
- Fort
- ▲ Mouvement de terrain (BRGM)
- ▼ Cavité souterraine d'origine non minière (BRGM)

Projet de parc éolien de Brenele, Courcelles, Saint-Mard (02)

0 0,3 0,6 km



II.2.a RISQUE INCENDIE « FEUX DE FORETS »

Le DDRM de l'Aisne n'évoque pas ce risque, mais l'existence d'un arrêté préfectoral « portant réglementation de l'emploi du feu, des feux d'artifice et systèmes susceptibles de s'envoler seuls et comportant une flamme » indique que ce risque ne peut être tout à fait écarté dans le département.

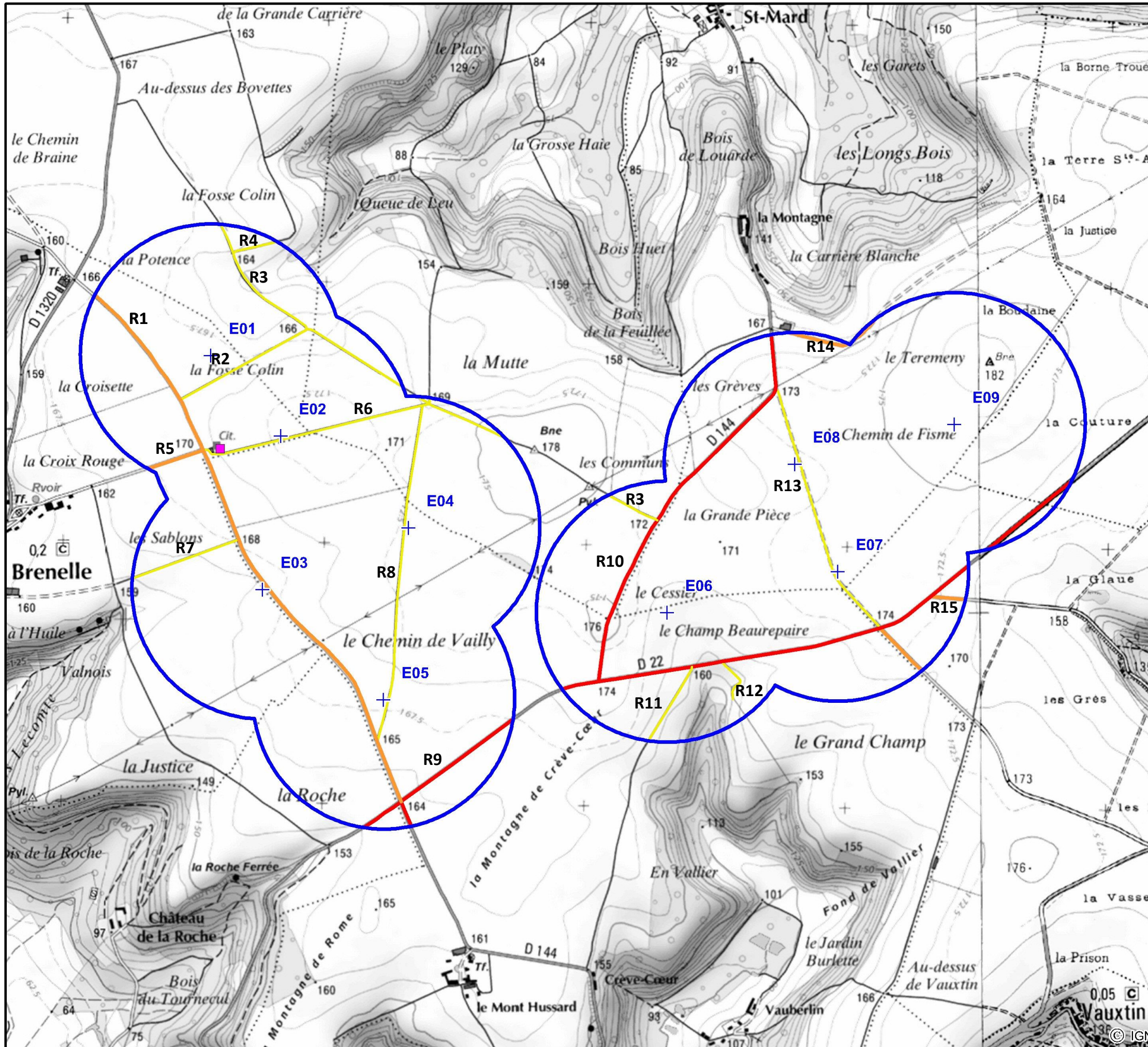
Au niveau de l'aire d'étude, la majorité de la surface est agricole ; par conséquent le combustible est présent (bien que beaucoup plus limité qu'en espace boisé) dans un secteur où le vent l'est également, puisque justifiant la réflexion d'implantation d'un parc éolien.

Le Service départemental d'incendie et de secours (SDIS) de l'Aisne indique dans son courrier du 20 septembre 2018 qu'il est important que ce projet soit desservi « par une voie présentant toutes les caractéristiques d'une voie « engins » et qu'un plan de situation (1/25 000e) soit fourni avec la « numérotation et la localisation précise de chaque éolienne ».

Le risque feux de forêt est qualifié de faible sur les communes de l'aire d'étude.

L'effet potentiel d'un risque de départ de feu résultant du parc éolien est jugé peu probable du fait des obligations réglementaires auxquelles est soumis tout opérateur éolien en vertu de l'arrêté ICPE du 26 août 2011 et des mesures détaillées en partie D DESCRIPTION DE L'INSTALLATION et suivante.

Les préconisations émises par le SDIS seront respectées par l'exploitant du parc.



Les voies de communication

Le projet

- + Eolienne
- Poste de livraison

□ Aire d'étude
500 mètres des aérogénérateurs

Les voies de communication

- Chemin
- Route
- Route départementale

Projet de parc éolien de Brenelle,
Courcelles, Saint-Mard (02)

0 0,3 0,6 km



I ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

I.1 VOIES DE COMMUNICATION

I.1.a TRANSPORT ROUTIER

Aucune route à grande circulation n'est située dans l'aire d'étude.

2 routes départementales concernent l'aire d'étude :

- La RD22 est au plus proche à 220 m au sud de E06. Elle permet de relier Braine à Viel-Arcy. D'après les données 2016, le trafic moyen journalier annuel est de 614 véhicules dont 4% de poids-lourds sur la commune de Viel-Arcy
- La RD 144 qui relie Courcelles-sur-Vesle à Presles-et-Boves en passant par Saint-Mard et Cys-la-Commune. D'après les données 2016, le trafic moyen journalier annuel est de 193 véhicules dont 6% de poids-lourds sur la commune de Saint-Mard. Elle passe au plus près à 189 m au nord-ouest de E06.

La zone d'étude est également desservie par un réseau de pistes et voiries secondaires. Sur la carte des voies de communication, seules les voies indiquées en orange sur la carte sont revêtues. Les autres sont en terre ou gravier et sont utilisées pour accéder aux parcelles agricoles.

Les infrastructures routières situées dans la zone d'étude (RD, communales, chemins agricoles...) sont des voies non structurantes (trafic inférieur à 2000 véhicules par jour) au sens de la présente étude de dangers.

L'ensemble des infrastructures routières de la zone d'étude est donc non structurant.

Nom	Type	Distance aux éoliennes (en mètres)								
		E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09
R1	Revêtue	190	294	En bordure		80				
R2	Non revêtue	92	300							
R3	Non revêtue	290	400		462		357			
R4	Non revêtue	405								
R5	Revêtue	370	312							
R6	Non revêtue	376	En bordure		440					
R7	Non revêtue		439	213						
R8	Non revêtue			507	En bordure	En bordure				
R9	Revêtue					353	220	252		446
R10	Revêtue						189		242	
R11	Non revêtue						242			
R12	Non revêtue						296			
R13	Non revêtue							En bordure	En bordure	
R14	Revêtue								472	489
R15	Revêtue							377		

Tableau 6 : Eloignement des éoliennes par rapport aux voies de communication les plus proches

I.1.b TRANSPORT FERROVIAIRE

Aucune voie ferrée n'est présente sur ou à proximité de l'aire d'étude. La plus proche est à environ 3 km au sud mais n'est plus exploitée.

I.1.c TRANSPORT FLUVIAL

Une voie navigable se situe à proximité de l'aire d'étude : il s'agit du canal latéral à l'Aisne situé à 1,5 km au nord de l'aire d'étude.

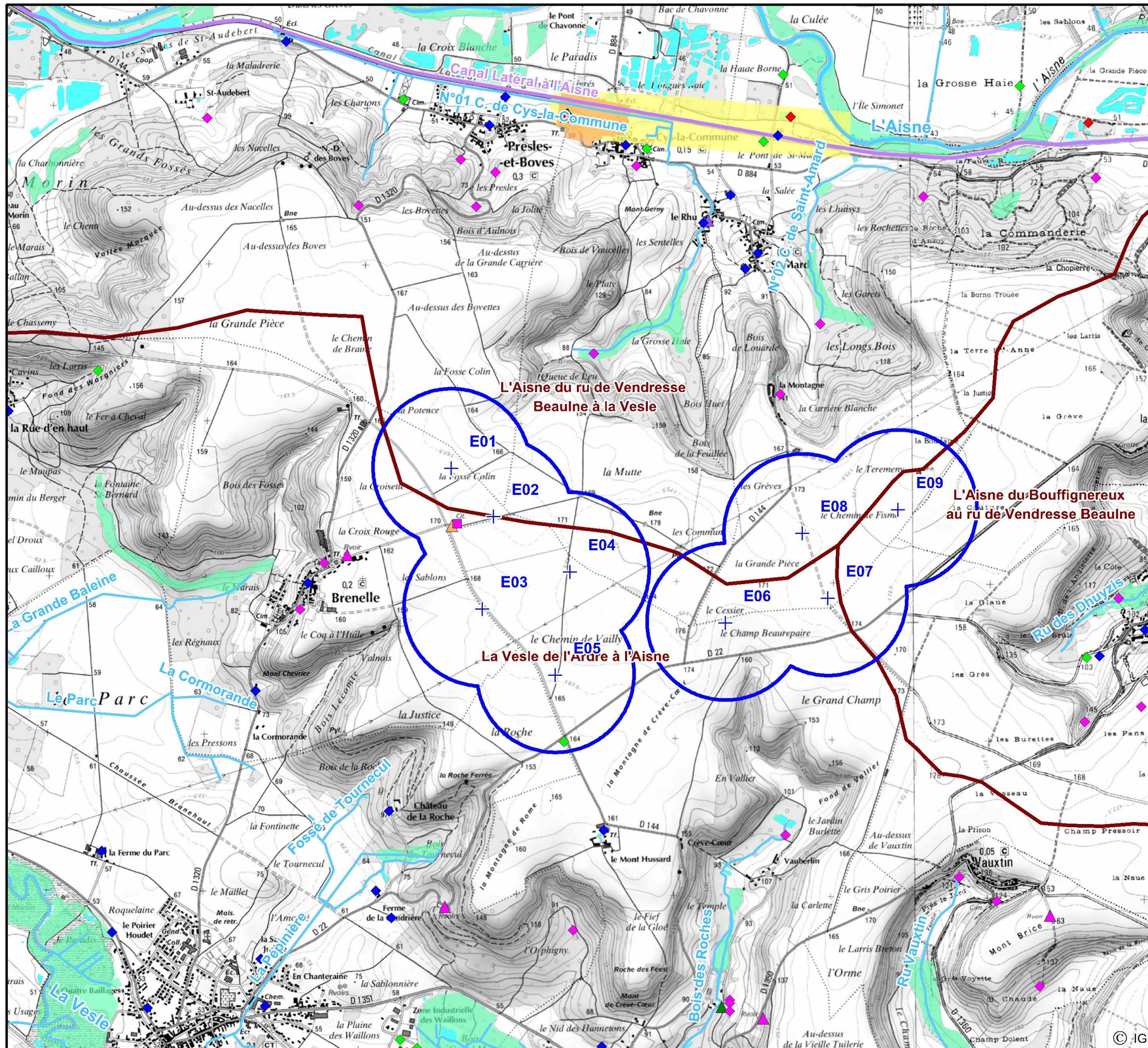
1.1.d ***TRANSPORT AÉRIEN***

L'aire d'étude n'est inscrite dans aucune zone aéronautique visible sur la carte aéronautique. Elle est simplement située sous différentes « TMA PARIS » qui correspondent à des zones terminales de contrôle liées à l'aéroport de Paris Charles de Gaulle.

Le seul aérodrome à portée de procédures est celui de Reims-Prunay mais également l'ancienne base aérienne de Reims-Champagne toujours pourvue d'un radar défense. La zone d'étude se situe à environ 32 km de cette base.

Elle est concernée par le secteur 2200 ft. La limitation associée est de 370 m NGF, ce qui n'est pas restrictif pour un projet éolien avec des éoliennes de 185 m de hauteur à condition que le relief n'excède pas 185 m NGF. Les éoliennes du projet des Trois Communes du Plateau ayant une hauteur maximale de 180 m, cet aérodrome ne sera pas impacté.

Les éoliennes seront peintes en blanc conformément à l'arrêté du 13 novembre 2009. La définition exacte du balisage sera réalisée par la DGAC lorsqu'elle rendra son avis pour la Demande d'Autorisation Environnementale.



Contexte hydrographique et eaux souterraines

Le projet

- + Eolienne
- Poste de livraison
- Aire d'étude 500 mètres des aérogénérateurs

Contexte hydrographique

- Cours d'eau
- Canal latéral à l'Aisne
- L'Aisne
- Plan d'eau, surface toujours en eau
- Limite de bassin versant
- Zone humide
- ▲ Station de pompage
- ▲ Citerne
- ▲ Lavoir
- ▲ Réservoir d'eau

Base de données des eaux souterraines (BRGM)

- ◆ Affleurement-eau
- ◆ Forage
- ◆ Puits
- ◆ Source
- ▲ Captage AEP
- Périmètre de protection immédiate du captage AEP
- Périmètre de protection rapprochée du captage AEP
- Zone de vigilance du captage AEP

Projet de parc éolien de Brenelle, Courcelles, Saint-Mard (02)

0 0,5 1 km



© IGN

I.2 RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

I.2.a TRANSPORT D'ÉLECTRICITÉ

Des lignes électriques traversent la ZIP dont une ligne de 225 kV. Le projet respecte la distance de sécurité (hauteur de l'éolienne + distance de garde de 3 m), puisque l'éolienne la plus proche est E04 à 220 m. Toutefois, la charte pour l'implantation des éoliennes dans l'Aisne demande une distance de sécurité de 1,4*hauteur totale de l'éolienne, soit 252 m. Néanmoins, cette charte n'a pas de valeur réglementaire. A noter que l'éolienne E03 se trouve à 30 m d'une ligne 20 kV enterrée

I.2.b CANALISATIONS DE TRANSPORT

Aucune canalisation de transport de gaz ou d'hydrocarbures n'est présente au sein de l'aire d'étude (500 m des aérogénérateurs).

I.2.c RÉSEAUX D'ASSAINISSEMENT

Aucun réseau d'assainissement ni de station d'épuration n'est connu au sein de l'aire d'étude.

I.2.d RÉSEAUX D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

L'aire d'étude ne concerne **aucun réseau d'assainissement ni périmètre de protection** de captage.

A noter toutefois, la présence d'anciennes cuves de stockage d'intrants agricoles à proximité de E02. Elles ne sont plus en état, et seront enlevées dans le cadre du projet (mesure d'accompagnement paysagère).

I.2.e RÉSEAUX RADIOÉLECTRIQUES ET DE TELECOMMUNICATION

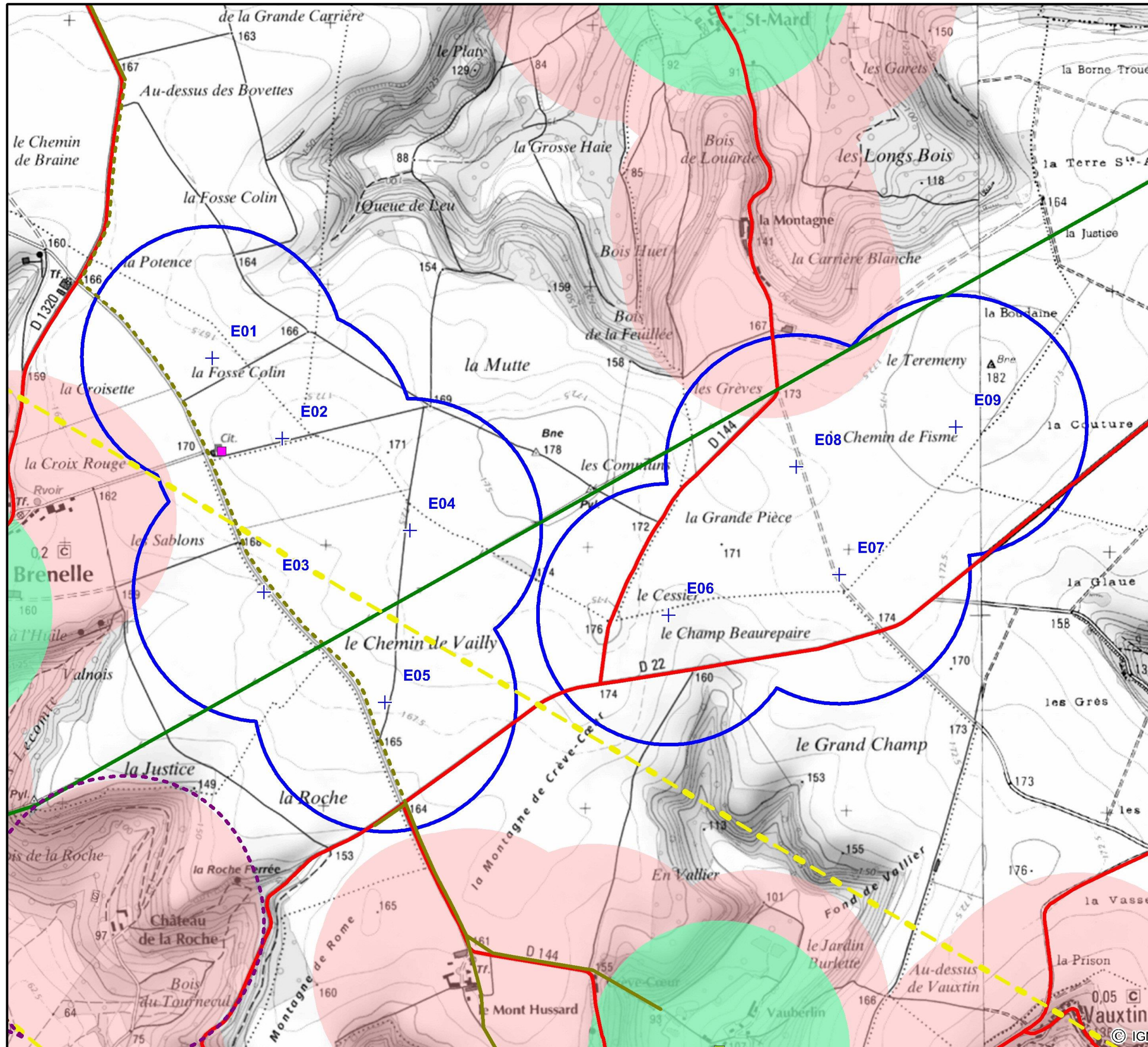
Le projet éolien des Trois Communes du Plateau se trouve au-delà de la zone de « coordination » requise dans l'arrêté du 26 août 2011 concernant l'éloignement des éoliennes aux radars hydrométéorologiques. Il se trouve également au-delà des distances minimales d'éloignement vis-à-vis des systèmes de positionnement radioélectrique servant à l'aviation civiles (VOR) et au-delà du périmètre de coordination des radars militaires.

Un faisceau hertzien de Bouygues Telecom traverse la ZIP du nord-est au sud-ouest. Il n'est pas impacté par les éoliennes, la plus proche étant E03 à près de 159 m.

En tout état de cause et avant le début des travaux, une DICT sera réalisée.

I.3 AUTRES OUVRAGES PUBLICS

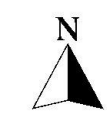
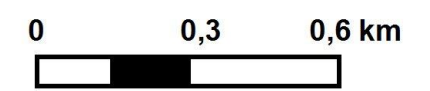
Aucun autre ouvrage public n'est recensé dans la zone d'étude.



Les réseaux et servitudes Milieu humain

- Le projet**
- + Eolienne
 - Poste de livraison
 - Aire d'étude 500 mètres des aérogénérateurs
- Les réseaux et servitudes Milieu humain**
- Route départementale
 - Faisceau de radiotélécommunication FH
 - Ligne électrique HT 225 kV
 - Ligne électrique 20 kV
 - - - Ligne électrique 20 kV enterrée
 - Monument Historique
 - Périmètre de protection de 500 m des Monuments Historiques
 - 500 mètres des habitations et des zones habitées
 - 500 mètres des zones à vocation d'habitat des documents d'urbanisme

Projet de parc éolien de Brenelle, Courcelles, Saint-Mard (02)



© IGN

II CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

Une cartographie de synthèse de ce chapitre de l'étude de dangers est présentée ci-après. Elle permet d'identifier géographiquement les enjeux recensés.

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en ANNEXE 1. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

La zone d'étude au niveau de chaque éolienne représente une surface définie dans un cercle de 500 mètres de rayon appliqué à chaque mât.

La surface de chaque zone d'étude est donc de 78,54 ha. Vu la superposition de certains cercles, la zone d'étude globale autour du parc éolien représente une surface d'environ 500,02 ha.

▪ Biens, infrastructures exposés

En termes d'infrastructures exposées, sont recensés :

- Deux routes départementales (RD144 et RD22),
- Les chemins d'exploitation et plateformes des éoliennes,
- Les chemins et routes : voies communales, dessertes locales.

▪ Les enjeux humains

L'occupation du sol majoritaire, au sein du périmètre de l'étude de dangers, est constituée de milieux agricoles et dans une moindre mesure de milieux boisés. Ils sont considérés comme des terrains non aménagés et très peu fréquentés, la densité de personne exposée par tranche de **100 ha est de 1.**

Les différentes RD traversant l'aire d'étude supportent toutes un trafic inférieur à 2000 véhicules/jour d'après les données départementales. Elles seront comptabilisées dans la catégorie des « terrains aménagés mais peu fréquentés » dans la détermination des zones à enjeux (conformément à la méthodologie détaillée dans l'étude de dangers).

Aucune donnée de trafic relative aux chemins ruraux (ou communaux) et aux voies communales n'est disponible. Il est toutefois estimé qu'à l'intérieur de chaque zone, aucune voie de circulation structurante correspondant à un trafic supérieur à 2 000 véhicules/jour n'est présente. Les voies de circulation ne sont pas prises en considération. En effet, les voies de

circulation non structurantes sont à intégrer dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés. A ce titre, la densité de personne exposée par tranche de **10 ha est de 1.**

Une voie routière est considérée comme faisant 3,5 m de large. Toutes les routes et chemins étant à double sens, une largeur majorante de 7 m est retenue. Ainsi, l'exposition retenue pour un tronçon de **1 km de route est de 0,07 personne** ($7 \times 1000 / 100000 \times 1$).

Le projet, en tant que tel, n'est pas fermé au public. Ainsi, les pistes créées ainsi que les plateformes permanentes sont à intégrer, pour leurs surfaces réelles, dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés. Une densité d'**une personne exposée par tranche de 10 ha est retenue.**

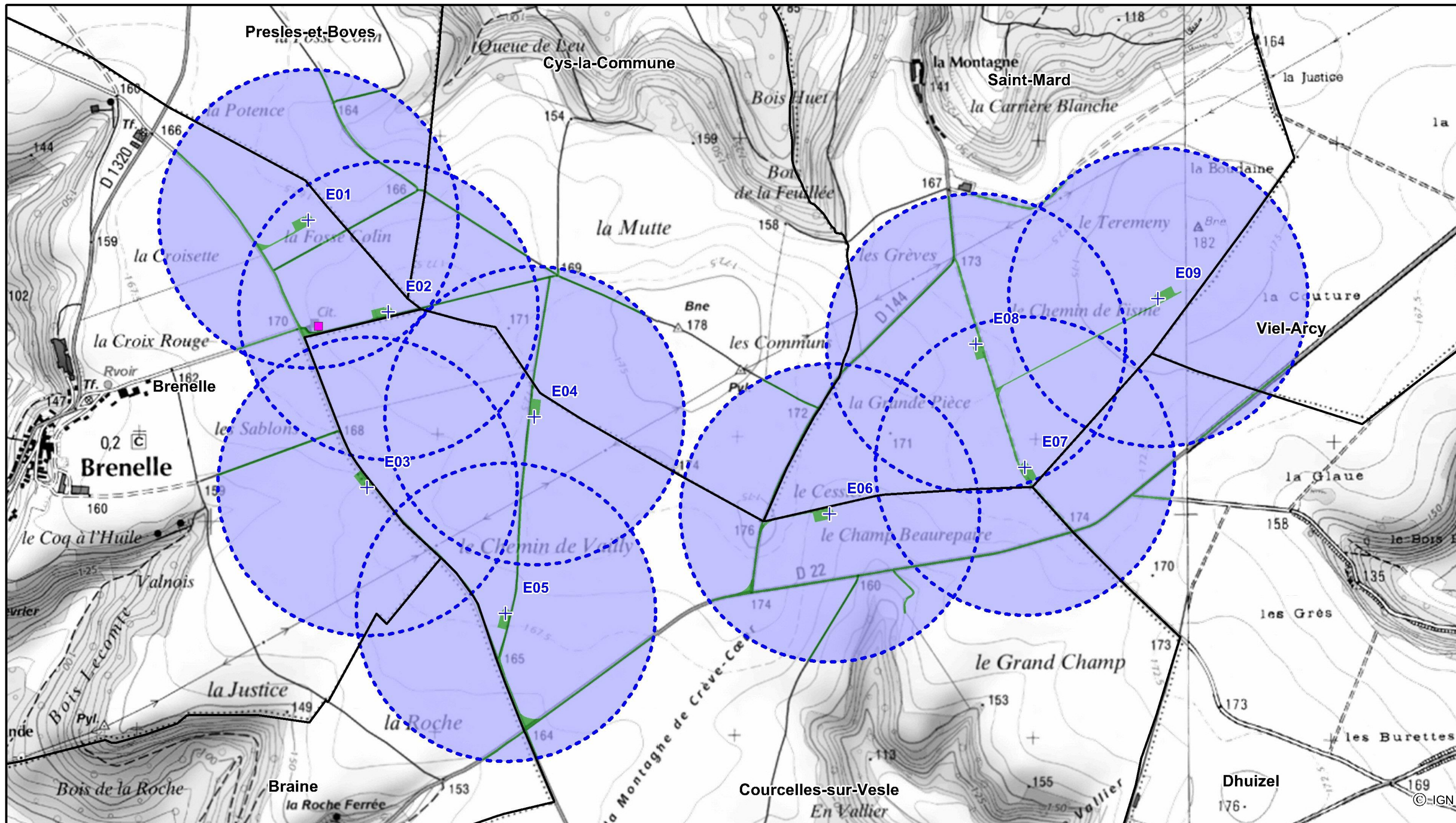
Les surfaces ont été calculées en utilisant un logiciel de SIG (MapInfo), en intégrant des données cartographiques au 1/25 000, les orthophotoplans de l'IGN et le plan masse fourni par l'opérateur. Ces données ont permis de calculer à un instant « t » les différentes répartitions de terrains exposés par éolienne. Des évolutions dans le futur peuvent avoir lieu et ne sont donc pas prises en compte.

Selon la méthodologie de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne indiquée en ANNEXE 1, le nombre de personne exposée, dans un rayon de 500 m, (voir tableau ci-après) sera au total de :

- 1,030 pour E01 ;
- 1,34 pour E02 ;
- 0,891 pour E03 ;
- 0,915 pour E04.
- 0,961 pour E05
- 0,977 pour E06
- 0,970 pour E07
- 0,958 pour E08
- 0,861 pour E09

Eolienne	Ensemble homogène	Surface (ha)	Règle de calcul	Enjeux humains (EH)	Enjeux humains totaux (dans un rayon de 500 m)
E01	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,716	1/10ha	0,272	1,030
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	75,818	1/100ha	0,758	
E02	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,758	1/10ha	0,276	1,034
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	75,774	1/100ha	0,758	
E03	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,183	1/10ha	0,118	0,891
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,350	1/100ha	0,773	
E04	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,144	1/10ha	0,144	0,915
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,771	1/100ha	0,771	
E05	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,195	1/10ha	0,195	0,961
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,766	1/100ha	0,766	
E06	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,213	1/10ha	0,213	0,977
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,764	1/100ha	0,764	
E07	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,205	1/10ha	0,205	0,970
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,765	1/100ha	0,765	
E08	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,792	1/10ha	0,192	0,958
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,766	1/100ha	0,766	
E09	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,084	1/10ha	0,084	0,861
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,777	1/100ha	0,777	

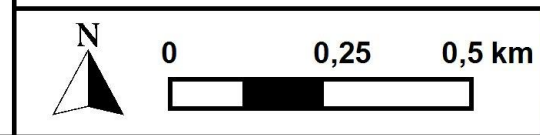
Tableau 7 : Enjeux humains par éolienne



Commune	Les enjeux humains
Le projet	Terrains non aménagés et très peu fréquentés
Eolienne	Terrains aménagés mais peu fréquentés
Poste de livraison	
Aire d'étude, 500 mètres des aérogénérateurs	

**Projet de parc éolien de Brenelle,
Courcelles, Saint-Mard (02)**

Cartographie de synthèse



D DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

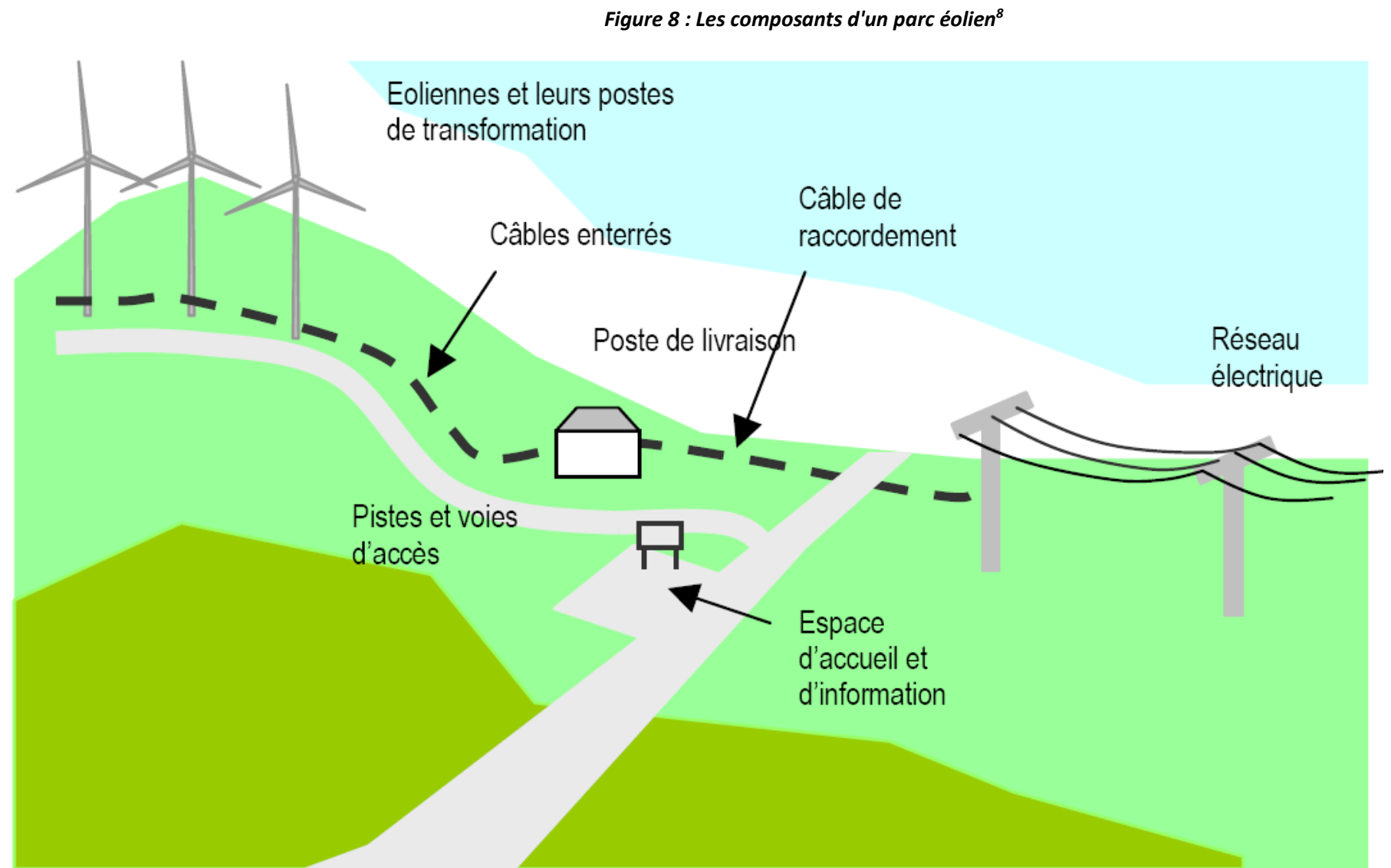
Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement, afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elle représente (chapitre E), au regard notamment de les enjeux de l'environnement décrits précédemment.

I CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTALLATION

I.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 figure ci-contre) :

- 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 les postes de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien ») ;
- Plusieurs postes de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public) ;
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée aux postes de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité) ;
- Un réseau de chemins d'accès ;
- Éventuellement des éléments annexes de type : mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc...



⁸ Source : Guide de l'étude d'impact des parcs éoliens (actualisation 2010) du Ministère de l'Ecologie de l'Energie du Développement Durable et de la Mer

1.1.a 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 :

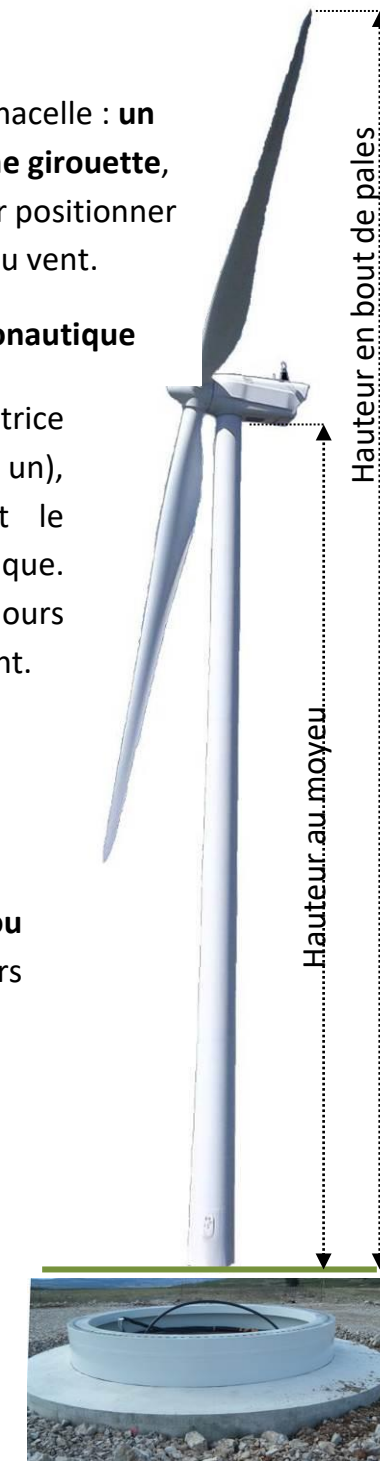
- **Le rotor** qui est composé de trois pales construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- **Le mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons 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 qui transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - le multiplicateur ;
 - le système de freinage mécanique ;
 - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
 - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
 - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

Au sommet de la nacelle : un **anémomètre et une girouette**, indispensables pour positionner le rotor face au vent.

Un **balisage aéronautique**

Une **nacelle** abritant la génératrice et le multiplicateur (s'il y en a un), le système de freinage et le système de régulation électrique. Elle s'oriente à 360° pour toujours positionner le rotor face au vent.

Un **mât tubulaire en acier ou béton**, constitué de plusieurs tronçons.



Un **rotor**, composé de trois pales (en composite résine et fibre de verre) et du moyeu. Chacune des pales est équipée d'un système de régulation par pas ou calage variable, c'est à dire que l'angle de calage des pales est variable selon l'intensité du vent pour avoir plus ou moins de prise au vent.

La **fondation** en béton armé dont le type et les dimensions dépendent des caractéristiques du sol.

Figure 9 : Les composants d'une éolienne

I.1.b EMPRISE AU SOL

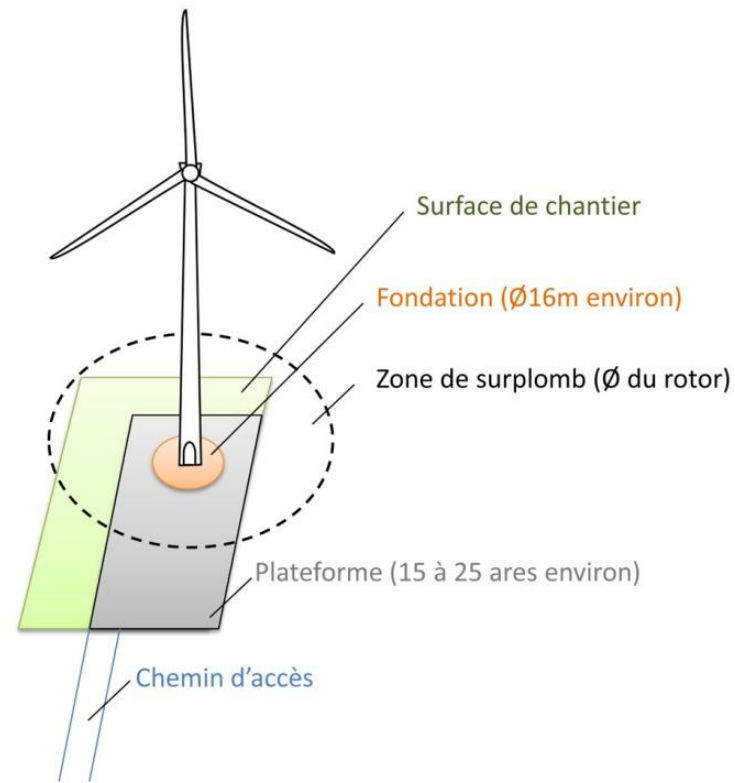


Figure 10 : Emprise d'une éolienne (dimension fournies à titre informatifs⁹)

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

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

I.1.c 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 existants. Si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés sur les parcelles foncières.

Durant la phase de construction et de démantèlement, les engins empruntent ces chemins pour acheminer les éléments constituant les éoliennes et leurs annexes. Durant la phase d'exploitation, les chemins sont utilisés par des véhicules légers (maintenance régulière) ou par des engins permettant d'importantes opérations de maintenance (ex : changement de pale).

I.2 ACTIVITÉ DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien des Trois Communes du Plateau est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de 180 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

I.3 COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien des Trois Communes du Plateau est composé de 9 aérogénérateurs et d'une structure de livraison composée de 4 postes de livraison regroupés. Les connections entre les éoliennes et le poste de livraison impliquent environ 7 263 m de tranchée pour les câbles enterrés. Le modèle d'éolienne retenu pour cette étude est de type Vestas V150-4.2 MW avec une hauteur au moyeu de 105 m et une hauteur totale de 180 m.

Pour le parc éolien des Trois Communes du Plateau, trois modèles d'éoliennes adaptés au site d'accueil au moment du dépôt de la demande d'autorisation ont été testés. Sur ces trois modèles d'éoliennes, l'éolienne la plus favorable au site a été étudiée dans la demande d'autorisation. La société porteuse du projet éolien des Trois Communes du Plateau s'engage à déposer un Porter à Connaissance (PAC) de modifications notables si le choix d'équipement d'éoliennes final diffère de celui de la demande d'autorisation initiale.

Le modèle d'éolienne est conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 4000-1 dans sa version de 2005. Elle répond aux exigences de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation.

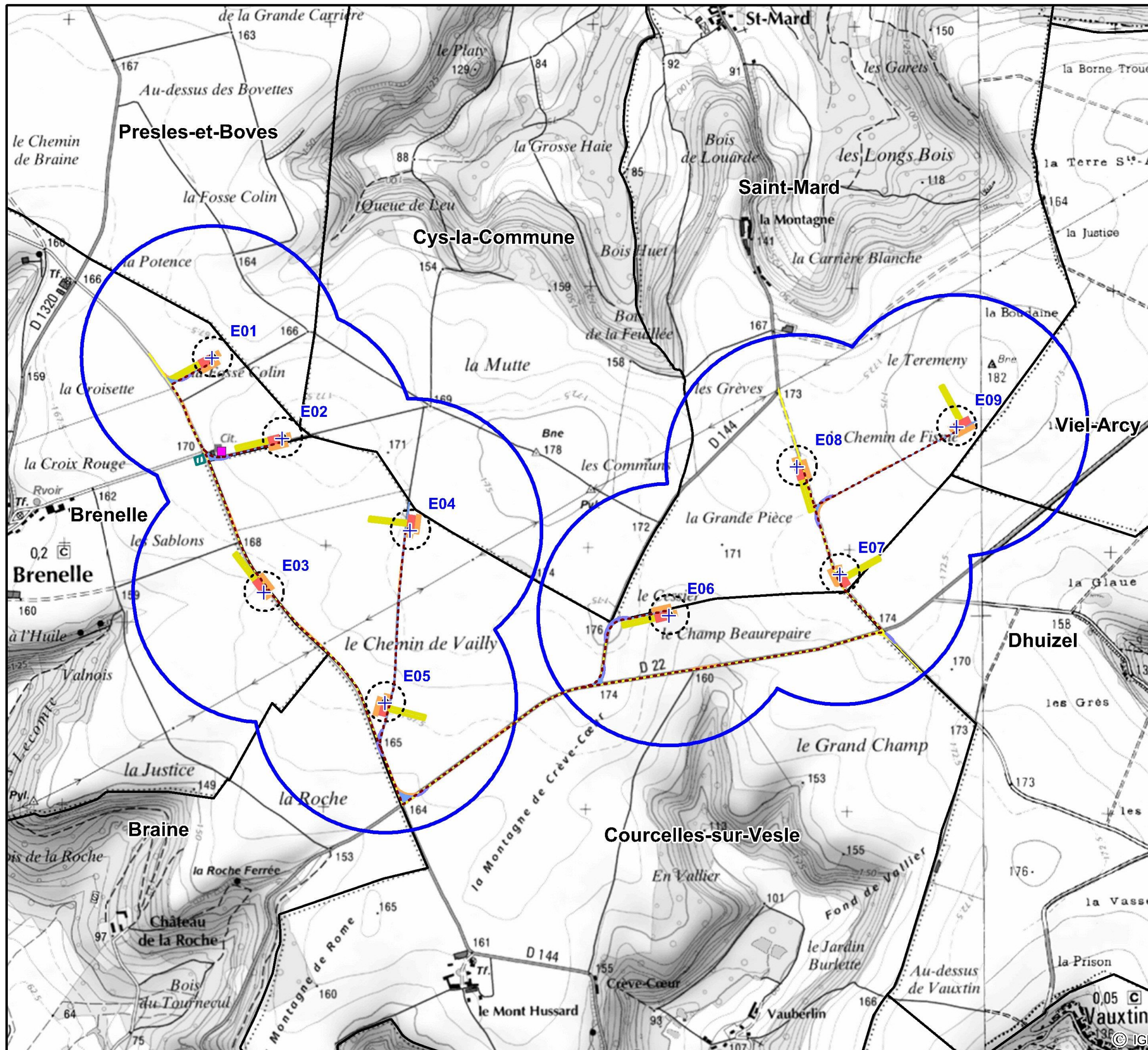
⁹ Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150m de hauteur totale

Les aérogénérateurs ont une hauteur de centre du moyeu de 105 mètres (hauteur retenue au sens de la réglementation ICPE). L'ensemble des aérogénérateurs a un diamètre de rotor de 150 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 180 mètres.

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

	Altitude NGF (en mètre)	Lambert 93		WGS84	
		X	Y	Longitude (E)	Latitude (N)
E01	167,5	740400,035	6919533,92	3°33'22.086"E	49°22'26.557"N
E02	172,5	740668,207	6919226,23	3°33'35.267"E	49°22'16.539"N
E03	165	740597,994	6918636,65	3°33'31.581"E	49°21'57.477"N
E04	171,5	741158,206	6918873,75	3°33'59.422"E	49°22'5.020"N
E05	167,5	741062,135	6918214,42	3°33'54.428"E	49°21'43.707"N
E06	167	742148,548	6918548,04	3°34'48.374"E	49°21'54.248"N
E07	173,5	742802,553	6918704,99	3°35'20.836"E	49°21'59.170"N
E08	170,5	742638,681	6919118,11	3°35'12.868"E	49°22'12.577"N
E09	178,5	743249,616	6919270,58	3°35'43.198"E	49°22'17.363"N
structure de livraison	169,5	740432,346	6919170,6	3°33'23.560"E	49°22'14.793"N

Tableau 8 : Coordonnées des aérogénérateurs et de la structure de livraison



Plan des aménagements

- Commune
- Le projet**
- + Eolienne
- Poste de livraison
- Aire d'étude
500 mètres des aérogénérateurs
- Fondation
- Survol
- Raccordement
- Plateforme permanente
- Plateforme et accès temporaire (déblais, stockage des pales, accès temporaire, croisement)
- Accès existant à aménager
- Accès à créer
- Déport de pale
- Flèche de grue
- Base de vie

Projet de parc éolien de Brenelle, Courcelles, Saint-Mard (02)

0 0,3 0,6 km



© IGN

II FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

II.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AÉROGÉNÉRATEUR

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h (3 m/s). Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

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

Pour un aérogénérateur de 4 MW par exemple, la production électrique atteint 4 000 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

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

- le premier par la mise en drapeau des pales, c'est-à-dire un freinage aérodynamique : les pales prennent alors une orientation parallèle au vent ;
- le second par un frein mécanique sur l'arbre rapide de transmission à l'intérieur de la nacelle. Ce frein soutient le frein dynamique dès qu'un régime défini n'est plus atteint et ralentit le rotor jusqu'à l'arrêt.

II.2 LES EOLIENNES VESTAS

Ce paragraphe décrit les éoliennes et plus particulièrement celle sélectionnée pour le site des Trois Communes du Plateau : la V150-4.2 MW.

II.2.a DÉCOUPAGE FONCTIONNEL

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'aérogénérateur dans le sol.	Les fondations sont constituées d'un massif de stabilité en béton armé. Le dimensionnement est réalisé sur la base des descentes de charges fournies par le constructeur (normes IEC 61400-1) Elles sont soumises, en France, au Contrôle Technique Obligatoire et le constructeur a un droit de regard et de revue des designs de massifs de fondations.
Mât	Supporter la nacelle et le rotor.	Le mât est composé de plusieurs tronçons en acier et possède une hauteur de moyeu 123 m.
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice.	Le rotor possède une vitesse de rotation variable entre 4,9 à 12 tr/min selon les machines. Il est composé de trois pales en matériaux composites.
Nacelle	Supporter le rotor, abriter le multiplicateur, la génératrice (conversion de l'énergie mécanique en électricité), les dispositifs de contrôle d'orientation et de sécurité...	L'énergie mécanique du rotor est transformée en électricité à travers la génératrice sous une tension de 800V triphasée (50 Hz), reprise par un convertisseur en 720 V.
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau.	Les éoliennes disposent d'un poste de transformation 720V/20kV ou plus, afin d'élever la tension pour transporter l'électricité. Ces derniers sont situés à l'intérieur ou au pied des aérogénérateur.
Réseau inter-éolien	Liaison du transformateur de chaque aérogénérateur au poste de livraison.	Les câbles souterrains, d'une tension électrique de 20 kV, sont enterrés à environ 1 mètre de profondeur.
Poste de livraison	Interface entre le réseau privé et le réseau public : comptage, adaptation du courant au ;x caractéristiques réseau	Le poste de livraison constitue la frontière entre le parc éolien et le réseau public de distribution (tension électrique de 20 kV). C'est un local fermé qui abrite les équipements de protection et comptage du parc éolien.
Réseau externe	Transport de l'électricité centralisé au poste de livraison vers le poste source et le réseau national.	Réseau enterré sous maîtrise du gestionnaire du réseau de distribution (ENEDIS). Le parc éolien est finalement connecté au réseau de transport à travers un poste source 63/20 kV.

Tableau 9 : Synthèse du découpage fonctionnel de l'installation

II.2.a.1 Le rotor (composé de 3 pales et du moyeu)

Le rotor se compose de trois pales bridées sur le moyeu du rotor via des paliers.

Les pales, conçues pour allier solidité, légèreté, comportement aérodynamique et émissions acoustiques minimales utilisent une construction sandwich en matériau composite renforcé de fibres de verres.

Elles font l'objet d'une certification-type selon le référentiel IEC 61400 incluant des tests exhaustifs visant à reproduire avec des facteurs de sécurité importants les contraintes statiques, dynamiques et les phénomènes de fatigue auxquels seront soumis les pales sur leur durée de vie (à titre indicatif, un test de fatigue de pale simule 17 fois la durée de vie, c'est-à-dire environ 340 années de vie).



Leur revêtement résiste aux UV et protège des influences de l'humidité.

Un système de captage de la foudre constitué d'un collecteur métallique associé à un câble électrique ou méplat courant à l'intérieur de la pale permet d'évacuer les courants de foudre vers le moyeu puis vers la tour, la fondation et le sol.

Dans la plage des charges partielles, c'est-à-dire lorsque l'éolienne fonctionne en-dessous de la puissance nominale, l'éolienne tourne à angle de pale constant et à vitesse variable pour exploiter au mieux l'aérodynamique du rotor.

Lorsque les conditions de vent permettent d'atteindre la plage de charge nominale, l'éolienne tourne à couple nominal constant. Les modifications de vitesse dues aux variations de la vitesse du vent sont compensées par l'adaptation de l'angle des pales (pitch).

L'énergie éolienne produite par les fortes rafales est « stockée » en inertie par l'accélération du rotor et seulement convertie par la suite, en énergie électrique et envoyée au réseau,

Ainsi, afin d'adapter l'éolienne aux conditions de vent, les pales pivotent autour de leur axe longitudinal grâce à des moteurs de réglage à courant continu tournant simultanément, ces moteurs agissant sur la denture extérieure du palier par l'intermédiaire d'un engrenage planétaire et d'un pignon.

Les entraînements réglables sont munis de freins serrés par défaut d'énergie grâce à des ressorts et desserrés par un système électromagnétique. La synchronisation des pales se fait par un régulateur synchrone à action rapide.

Les jeux d'accumulateurs et l'amorçage sont installés dans le moyeu du rotor et isolés complètement, afin d'être protégés contre les intempéries.

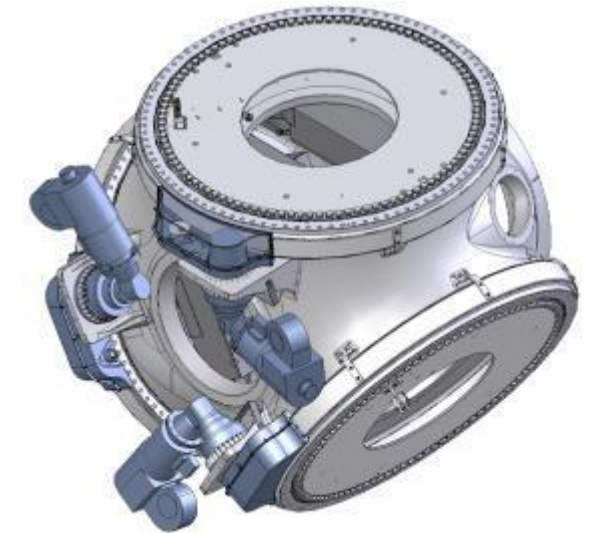
Afin de faciliter les travaux de maintenance sur le moyeu du rotor, celui-ci dispose d'un accès protégé à l'intérieur du carénage du moyeu (spinner) directement depuis l'intérieur de la nacelle.

Mise à part la fonction de régulation du couple au régime nominal, la deuxième fonction essentielle du réglage des pales est une fonction de sécurité puisqu'il sert de frein primaire à l'éolienne.

L'éolienne est en effet freinée par le réglage des pales du rotor en position de drapeau (frein primaire aérodynamique). Chacun des trois dispositifs de réglage sur la pale est entièrement indépendant. En cas de panne secteur, les moteurs sont alimentés par les jeux d'accumulateurs tournant avec les pales. Le réglage d'une seule pale de rotor est suffisant pour amener l'éolienne dans une plage de vitesse sûre. Ceci fournit un système de sécurité triple et redondant.

Le système de freinage primaire est en exécution "fail-safe" (technique à sécurité intégrée). Si un dysfonctionnement est détecté lors de la surveillance du système de freinage, alors l'éolienne est commutée en mode de sécurité.

Le frein de maintien du rotor, frein à disque situé sur l'arbre rapide, permet d'imposer un couple de freinage supérieur au couple nominal de la machine et peut arrêter complètement le mouvement de rotation du rotor lorsqu'il est actionné. Il est déclenché par la chaîne de sécurité lors d'un arrêt d'urgence en sus du freinage aérodynamique par réglage des pales ou manuellement lorsque la machine est à l'arrêt. Le temps de réponse est dit immédiat (<10s).



II.2.a.2 La nacelle

La nacelle contient la chaîne cinématique et la génératrice (qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique).

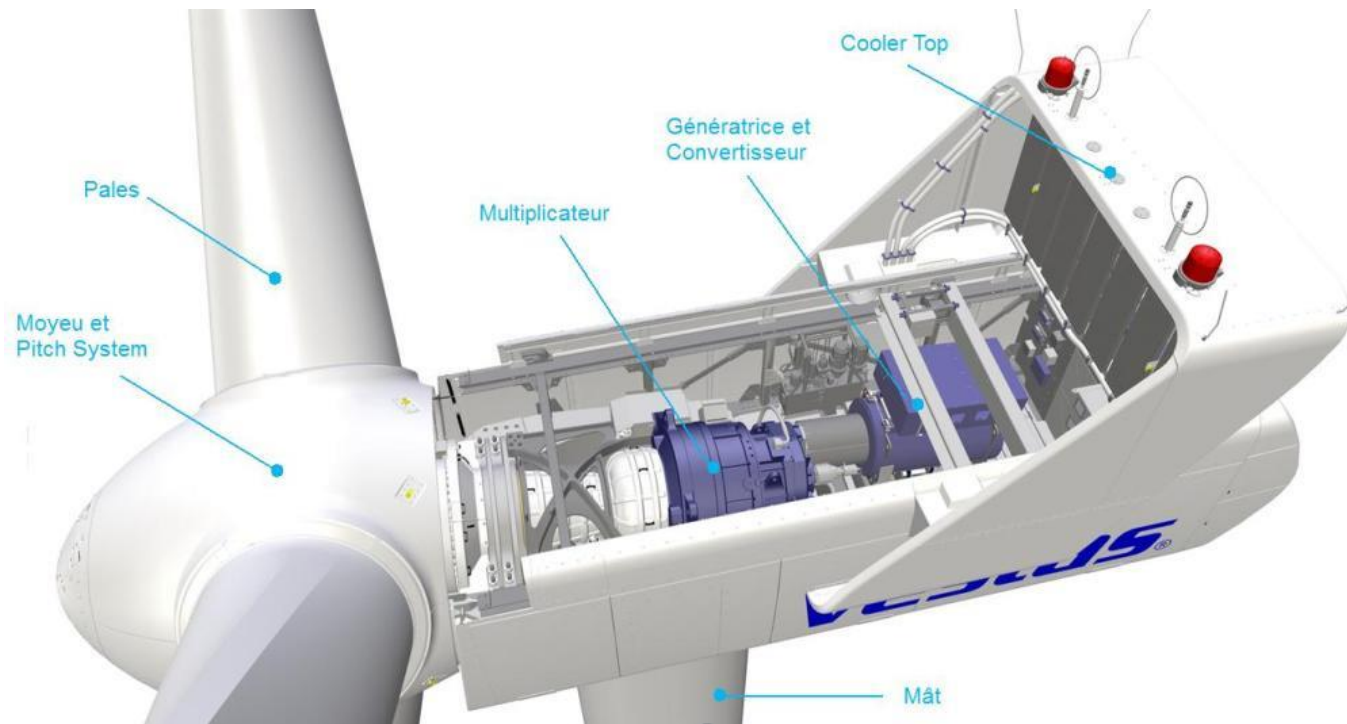
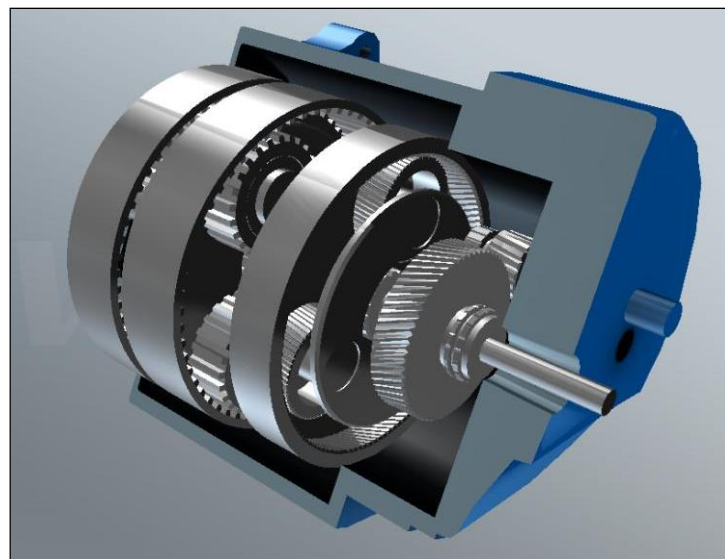


Figure 11 : Nacelle Vestas

La chaîne cinématique se compose de l'arbre du rotor, du disque de blocage du rotor, du palier du rotor et du multiplicateur. L'arbre du rotor est relié au moyeu en ajustement serré via une bride. Le disque de blocage du moteur permet d'immobiliser le rotor pour certains travaux de maintenance et pour garantir un accès sécurisé au moyeu du rotor



Le palier du rotor, palier fixe, supporte les charges agissant sur le rotor et les transmet au support machine. Les blocages du rotor se trouvent dans les bases du palier du rotor. Le palier libre de l'arbre du rotor est intégré au multiplicateur.

Le multiplicateur se situe entre le rotor et le générateur.

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

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

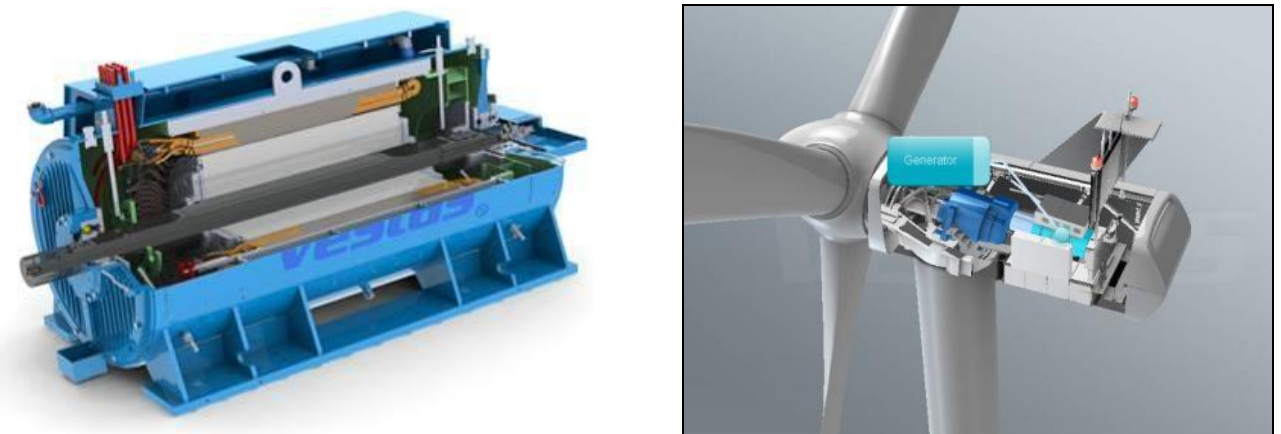


Figure 12 : Présentation et localisation du générateur

L'énergie mécanique du vent est transformée en énergie électrique par le **générateur**. Dans le cas des éoliennes Vestas V150- 4.2 MW, il s'agit d'un générateur triphasé asynchrone. Le stator est connecté à un **convertisseur pleine puissance** qui assure la conversion de l'ensemble de l'énergie produite par la génératrice afin d'assurer une qualité et une fréquence optimale avant la livraison sur le réseau électrique.

Pour toutes les gammes de machine, les différents composants sont isolés électriquement au-dessus des exigences des normes en vigueur.

Le générateur est équipé d'un circuit de refroidissement interne.

La nacelle s'appuie sur le mât en reposant sur des roulements. Le système d'orientation au vent de la nacelle, l'azimut, fonctionne selon la direction du vent dominante via des motoréducteurs alimentés par le réseau, les moteurs azimutaux. Une couronne dentée couplée à ces motoréducteurs permet l'orientation de la nacelle.

Les mâchoires de freinage hydrauliques maintiennent la nacelle dans la direction du vent et protègent en mode de fonctionnement normal les moteurs azimutaux des sollicitations pouvant par exemple apparaître en cas de vent diagonal sur le rotor. De plus, les moteurs azimutaux sont munis de freins à actionnement par ressort qui peuvent être desserrés à la main pour des travaux de maintenance ou par voie électromagnétique.

Lors de la rotation de la nacelle, la pression des freins est réduite à un niveau inférieur, mais les freins ne sont pas ouverts entièrement. La pression résiduelle génère un moment de freinage constant, opposé au moment de lacet changeant de la nacelle. Ceci permet d'empêcher l'inversement de la denture d'entraînement et permet une orientation au vent à charges faibles. De plus, le disque de frein reste propre et rodé. Les freins activés par ressorts des moteurs azimutaux sont entièrement ouverts lors de la rotation de la nacelle. Un capteur électronique de la direction du vent et un logiciel approprié commandent les temps d'actionnement et le sens de rotation des moteurs azimutaux. Le système de commande assure également le déroulement automatique du câble en pivotant la nacelle quand l'éolienne a tourné plusieurs fois dans une même direction en suivant le vent.

Le matériau utilisé pour l'habillage de la nacelle est un matériau synthétique renforcé en fibres de verre. Pour assurer des conditions optimales de maintenance et d'entretien, la nacelle est suffisamment dimensionnée. Les travaux de maintenance peuvent être exécutés lorsque la nacelle est fermée. L'entrée depuis le mât dans la nacelle se fait par une trappe dans le support machine. Tous les composants, tels que le système azimutal ou hydraulique, peuvent être pilotés par le système de commande dans la nacelle. Le système de commande est logé dans une armoire électrique en nacelle et peut être commandé via un écran tactile. Un écran tactile supplémentaire permet de commander l'exploitation depuis le pied du mât.

Pour plus de sécurité, des boutons d'arrêt d'urgence sont installés à la fois en nacelle, et en pied de mât.

Le système de commande prescrit des valeurs de consigne pour l'angle des pales du rotor et le couple de la génératrice. L'algorithme de réglage optimise le rendement énergétique sans soumettre l'éolienne à des contraintes dynamiques inutiles.

Les données suivantes sont constamment contrôlées :

- Tension, fréquence et position de phase du réseau ;
- Vitesse de rotation du rotor, du multiplicateur, de la génératrice ;
- Diverses températures ;
- Secousses, vibrations, oscillations ;

- Pression d'huile ;
- Usure des garnitures de frein ;
- Torsion des câbles ;
- Données météorologiques.

Les fonctions les plus critiques sont contrôlées de façon redondante et peuvent déclencher un arrêt d'urgence rapide de l'éolienne via une chaîne de sécurité à câblage direct, même sans système de commande ni alimentation électrique externe. Ceci signifie une sécurité maximale même en cas de problèmes tels qu'une panne de secteur, la foudre ou autres.

Les données d'exploitation peuvent être consultées à distance, de sorte que l'exploitant aussi bien que l'équipe de maintenance dispose à tout moment de toutes les informations sur le statut de l'éolienne. Pour ceci, différents niveaux protégés par mot de passe sont réglés, permettant selon les droits d'accès correspondant de commander l'éolienne à distance.

II.2.a.3 Le système de refroidissement

Le système de refroidissement se compose de :

- Le Vestas Cooler Top™ situé sur le toit à l'arrière de la nacelle, il refroidit grâce au flux naturel du vent par 2 systèmes. Le premier système de refroidissement liquide est piloté par une pompe électrique, qui dessert le multiplicateur et le système hydraulique. Le second système de refroidissement liquide est piloté par une pompe électrique, qui dessert le générateur et le convertisseur ;
- Le refroidissement par air forcé du transformateur, comprenant un ventilateur électrique ;
- Le refroidissement par air forcé de la nacelle, comprenant deux ventilateurs électriques.

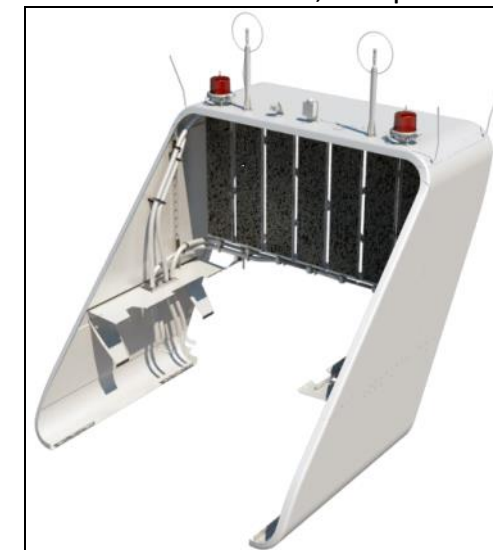


Figure 13 : Vestas Cooler Top™

II.2.a.4 Le poste de transformation

Le transformateur est situé dans une pièce séparée et verrouillée dans la nacelle. Des parafoudres sont montés sur le côté haute tension du transformateur. Le transformateur constitue l'élément électrique qui va élever la tension issue du générateur pour permettre le raccordement au réseau de distribution. Dans le cas des éoliennes Vestas V150- 4.2 MW, il s'agit d'un transformateur triphasé de type sec. Il permet l'élévation en tension de l'énergie électrique produite par l'aérogénérateur. Il est composé d'un transformateur élévateur ainsi que d'une cellule de protection du transformateur et de cellules interrupteur-sectionneurs permettant de mettre hors tension les câbles HTA souterrains auxquels l'aérogénérateur est raccordé.

Transformateur		
	3.45MW	4.2MW
Type	Transformateur triphasé de type sec	
Tension primaire	10-36 kV	19.1-36 kV
Puissance apparente	4000 kVA	4700 kVA
Tension secondaire	3 x 650 V	3 x 720 V
Pertes de charge (à puissance nominale, 120°C)	29,3 kW	29 kW
Fréquence	50-60 Hz	

Tableau 10 : Caractéristiques du transformateur

II.2.a.5 Autres éléments électriques

Si le générateur et le transformateur constituent les deux systèmes électriques principaux dans le fonctionnement des éoliennes présents dans la nacelle, on retrouve d'autres éléments électriques dans les éoliennes Vestas V150- 4 MW :

- Le convertisseur Vestas Flexpower® qui contrôle et converti l'énergie produite par le générateur, il se trouve dans la nacelle ;
- Le système auxiliaire qui alimente les différents moteurs, pompes, ventilateurs et appareils de chauffage de l'éolienne. Il se trouve dans la nacelle, dans les armoires de commandes ;
- Les capteurs de vent à ultrasons avec chauffage intégré, ils mesurent la vitesse et la direction du vent, ils se trouvent sur le Vestas Cooler Top™ ;
- Le système de commande est constitué de différents processeurs situés dans le rotor, dans la nacelle et en pied de mât ;
- L'onduleur qui permet d'alimenter les composants en cas de panne, il se trouve au pied de la tour ;
- Les câbles haute-tension allant de la nacelle au bas de la tour.

II.2.a.6 Le mât

Le mât se présente sous la forme d'une tour conique en acier, composée de plusieurs sections. L'accès au mât se fait par une porte verrouillable dans le pied du mât. À l'intérieur du mât, il est possible de monter dans la nacelle à l'abri des intempéries avec un monte-charge (optionnel) ou une échelle avec système antichute. Des « étages » fermés par des trappes se trouvent aux passages des segments du mât. Tous les 9 mètres, une plateforme est aménagée.

Le mât est doté d'un dispositif d'éclairage assurant un éclairage intégral des plates-formes et de la montée. En cas de coupure d'électricité, l'éolienne est également dotée d'un système d'éclairage d'urgence alimenté par batteries, afin de garantir une évacuation sans danger de l'éolienne.

II.2.a.7 La fondation

Il s'agit d'un massif de stabilité en béton armé. Il est constitué soit d'une virole d'ancrage métallique préfabriquée, soit d'une cage d'ancrage à tirants post-contraints, toutes deux enchâssées dans un réseau de fers à béton.



Le dimensionnement des fondations doit être réalisé sur la base des descentes de charges fournies par Vestas. Ces documents de descentes de charges décrivent dans des situations de chargement prédéfinies par les normes IEC 61400-1 les torseurs {forces et moments} ramenés au pied du mât que subiront les fondations sur l'intégralité de sa durée de vie de minimum 20 ans.

Le dimensionnement et la construction des fondations sont soumis, en France, au Contrôle Technique Obligatoire.

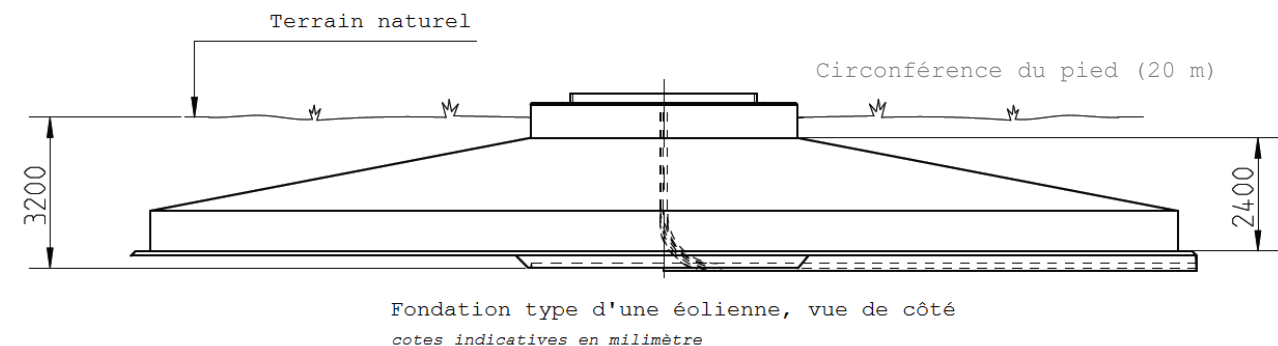


Figure 14 : Vue de côté d'une fondation type d'éolienne

Par ailleurs, Vestas impose contractuellement sur tous ses projets un droit de regard et de revue des designs des massifs de fondations, afin de s'assurer que ceux-ci respectent les règles et spécifications définies par Vestas.

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

II.2.b SYNTHÈSE DES CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉOLIENNE VESTAS V150-4.2 MW

Eolienne	V150-4.2 MW
Fondation : Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol.	
Dimensions	Epaisseur : 2- 3 m Emprise : 20 à 25m de diamètre Les études géotechniques dimensionneront cet ouvrage selon les caractéristiques du sol
Mât : Supporter la nacelle et le rotor.	
Dimensions	Hauteur du mât : 123 m Diamètre de 3 m en haut et 5,3 m de base Sections coniques en acier
Nature	Acier, peinture anticorrosion
Nacelle : Supporter le rotor. Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	
<i>Les éléments constitutifs sont présentés ci-dessous</i>	
Rotor / pale : Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice. Rotor face au vent avec système actif de réglage de l'angle des pales.	
Diamètre du rotor	150 m
Surface balayée	17 671 m ²
Vitesse de rotation	Vitesse de rotation nominale : 10,37 tours/min (rotor à vitesse variable)
Sens de rotation	Sens horaire
Plage de fonctionnement	Vent minimum : 3,0 m/s Vent nominal : 12 m/s Vent maximal : 24,5 m/s
Nombre de pales	3
Longueur des pales / largeur	73,66 m/ 4,2 m
Masse d'une pale	16,4 tonnes
Matériaux des pales	Composites : à base de résine époxy renforcée de fibres de verre et carbone+ revêtement de protection anti UV Protection parafoudre intégrée
Ajustage des pales	Individuel, système autonome d'ajustage par pale du rotor, avec alimentation de secours séparée
Multiplicateur : Augmenter la vitesse de rotation de l'arbre lent (rotor) au niveau du fonctionnement de la génératrice (entraînée par l'arbre rapide)	
Type	Engrenage : 2 étages planétaires et un hélicoïdal
Ratio	Entre 1/137 and 1/143

Eolienne	V150-4.2 MW
Génératrice : Conversion de l'énergie mécanique en électricité	
Type	Génératrice asynchrone à rotor à cage
Puissance nominale	4 MW
Hauteur du moyeu	123 m
Tension (AC)	3 x 800 V (statorique)
Fréquence	50- 60Hz (celle du réseau)
Classe de protection	IP 54
Système de sécurité	
Système de freinage	Système principal – frein aérodynamique : 3 systèmes indépendants de réglage des pales avec alimentation de secours Système secondaire - Frein mécanique à disque de maintien du rotor situé sur l'arbre rapide .
Contrôle d'orientation	Actif
Vitesse maximale de sécurité	12-17,5 tours/min / 2000 tours/min (génératrice) IEC 2400 tours/min
Surveillance à distance	Oui
Transformateur : Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	
Caractéristiques	Implanté en pied de mât Transformateur Elever la tension de 720 V à 20 kV
Poste de livraison : Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public. Raccordement de la centrale éolienne au réseau de distribution de 20 kV	
Principales dimensions	
Masse maximum pour le transport	70 t
Longueur maximale	73,7 m
Dimension de la nacelle	Hauteur transport : 3,4 m Hauteur installée : 6,9 m (avec échangeur thermique) Longueur : 12,8 m Largeur 4,2 m

Tableau 11 : Caractéristiques générales des éoliennes Vestas, source Vestas

La régulation de puissance utilise le dispositif « Pitch » (calage électrique variable des pales) et la vitesse de rotation variable selon le mode de fonctionnement (selon les variations de la vitesse du vent) :

- à charge partielle : angle de calage constant mais vitesse de rotation variable ;
- à charge nominale : l'éolienne fonctionne à couple nominal constant compensé par l'angle de calage des pales.

Les classes de vent vont de I à III (fort à faible) et la turbulence de A à C (forte à faible) (cf. classification IEC 61400-1). **Le type d'éoliennes retenu pour le site est conçu pour la classe de vent IEC IIIB**, répondant aux caractéristiques aérologiques locales.

II.3 SÉCURITÉ DE L'INSTALLATION

II.3.a RÈGLES DE CONCEPTION ET SYSTÈME QUALITÉ

La société Vestas, fournissant les machines et pouvant en assurer la maintenance, est certifiée ISO 9001. Le système de management de la qualité et tous les processus de production sont conformes à la norme ISO 9001.

Les aérogénérateurs de type Vestas V150-4.2 MW 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 éoliennes Vestas V150 – 4.2 MW sont certifiées pour une durée de vie minimale de 20 ans. Toutefois, des opérations de remplacement ou de remise en état des différents éléments peuvent être envisagées pour en augmenter la durée de vie.

Les certificats de design et de type sont en cours de d'obtention et seront disponible fin 2019.

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 », qui 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 », qui 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 œuvre 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 performance, 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.

Au cours de la construction de l'éolienne, le maître d'ouvrage mandatera un bureau de vérification pour le contrôle technique de construction.

Les performances des éoliennes sont garanties dans la mesure où les conditions d'installation sont conformes aux spécifications du constructeur.

Elément de l'éolienne	Normes
Nacelle et moyeu	IEC 61400-1 Edition 3 EN 50308
Mât	IEC 61400-1 Edition 3 Eurocode 3
Pales	DNV-OS-J102 IEC 1024-1 IEC 60721-2-4 IEC 61400 (Part 1, 12 and 23) IEC WT 01 IEC DEFU R25 ISO 2813 DS/EN ISO 12944-2
Multiplicateur	ISO 81400-4
Génératrice	IEC 60034
Transformateur	IEC 60076-11, IEC 60076-16, CENELEC HD637 S1
Protection foudre	IEC 62305-1: 2006 IEC 62305-3: 2006 IEC 62305-4: 2006 IEC 61400-24:2010 JIS C 1400-24 2014
Moteur électrique	IEC 34
Sécurité de la machine, Sécurité du système de contrôle	IEC 13849-1
Sécurité de la machine – Equipements électriques	IEC 60204-1

Tableau 12 : Principales normes de conceptions

II.3.a.1 Système de régulation

Le freinage du rotor est effectué par rotation des pales jusqu'à la position dite en drapeau (90°) (frein aérodynamique principal). Chaque pale possède son propre moteur de calage et jeu de batterie de secours. Le calage d'une seule pale étant suffisant pour réguler la vitesse de l'éolienne. L'indépendance de chaque pale assure une redondance de trois de la régulation.

Le système est conçu en « fail-safe » c'est à dire que tout dysfonctionnement du système entraîne l'arrêt de l'éolienne.

Ainsi, le contrôle de l'angle de calage des pales a deux finalités : l'optimisation des performances énergétiques de l'éolienne et la mise en sécurité de l'éolienne en la protégeant des rafales de vent ou en l'arrêtant si nécessaire (mise en drapeau).

II.3.a.2 Dispositifs de protection contre la foudre

L'éolienne est pourvue d'une installation de protection anti-foudre et satisfait au degré de protection défini dans la norme internationale. La foudre est capturée par des récepteurs dans les pales du rotor et déviée depuis le rotor vers le mât via des contacts glissants et des éclateurs au niveau du moyeu et du châssis de la nacelle. Le courant de foudre est ainsi évacué dans le sol via des prises de terre de fondation.

Globalement, l'aérogénérateur Vestas est de Classe de Protection Foudre 1.

Des parasurtenseurs sont également présents sur les circuits électriques basse tension.

La valeur de mise à la terre est contrôlée avant mise en service.

II.3.a.3 Protection contre la survitesse

En cas de détection d'une anomalie, de mauvaises conditions atmosphériques, de surchauffe de la génératrice ou déconnexion du réseau électrique, le contrôle-commande freinera la rotation du rotor qui commencera à accélérer du fait de la disparition brutale du couple électromagnétique résistant (pour une génératrice asynchrone). Dans un tel cas, il est primordial d'avoir un système de protection contre la survitesse, d'où la présence systématique d'un système de freinage aérodynamique.

Ce système de freinage consiste essentiellement à faire pivoter les pales du rotor d'environ 90° autour de leur axe longitudinal (mise en « drapeau »).

L'expérience a démontré que les systèmes de freinage aérodynamiques sont extrêmement sûrs. Ainsi, ils arrêtent l'éolienne en moins de quelques rotations. De plus, un tel système

permet de freiner l'éolienne avec douceur sans trop de contraintes et fatigue de la tour (le mât) et de la machinerie.

Des systèmes de coupure au niveau du rotor et au niveau du multiplicateur, s'enclenchant en cas de dépassement de seuils de vitesse prédéfinis, sont directement intégrés à la chaîne de sécurité de l'aérogénérateur. L'éolienne s'arrête alors immédiatement.

II.3.a.4 Système mécanique de freinage

Le système de freinage du rotor mécanique (frein à disque) est installé sur l'arbre rapide. Il est activé en cas de défaillance partielle ou totale des systèmes de sécurité principaux et arrête le rotor conjointement au système de réglage des pales. Il est également utilisé pour immobiliser le rotor une fois celui-ci arrêté par le système de freinage aérodynamique afin de sécuriser les opérations de maintenance. Une vérification du système a lieu au bout de 3 mois de fonctionnement puis il est contrôlé annuellement conformément à l'article 18 de l'Arrêté du 26 août 2011 (notamment sur l'usure du frein et la pression du circuit de freinage d'urgence).

A l'intérieur de la nacelle, un dispositif manuel de blocage mécanique du rotor permet d'immobiliser le rotor pour des opérations de maintenance nécessitant des interventions dans le moyeu ou sur les éléments tournants (arbre lent, multiplicateur...).

II.3.a.5 Protection en cas de givre

Afin d'éviter la projection de glace et pour garantir un fonctionnement sûr des installations, les constructeurs mettent en place des systèmes de contrôle du givre (conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011).

Les trois méthodes redondantes de détection utilisées sont :

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

Ces trois méthodes sont associées à l'envoi de codes d'état et d'information via le système SCADA.

En cas de détection de glace, l'aérogénérateur est automatiquement mis à l'arrêt. Le redémarrage peut se faire :

- soit automatiquement après disparition des conditions de givre : lorsque le système de détection conclue à l'absence de glace ;
- soit manuellement sur site, au terme d'une inspection visuelle concluant à l'absence de glace sur l'aérogénérateur.

Tous les arrêts et redémarrages des éoliennes sont enregistrés et répertoriés dans le système SCADA.

Des adaptations à ces stratégies standard de détection et d'arrêt / redémarrage peuvent être apportées de manière spécifique, selon la sensibilité du parc éolien et les caractéristiques de son environnement immédiat.

Des panneaux d'informations sur la possibilité de formation de glace sont également implantés au pied ou à proximité des machines.

II.3.a.6 Balisage aviation

Les éoliennes seront balisées conformément à la réglementation en vigueur et notamment de l'Arrêté du 23 avril 2018, dont les caractéristiques principales sont les suivantes :

- Visibilité 360°, 20 flash par minute, feux à éclats blancs de 20000 Cd le jour et rouge de 2000 Cd la nuit ;
- Balisage intermédiaire, par des feux de moyenne intensité pour des éoliennes de 150 à 200 m : un balisage intermédiaire ;
- Une alimentation électrique de secours est obligatoire pour le balisage, avec un temps de commutation n'excédant pas 15 secondes et une autonomie de 12 heures.

Les éoliennes Vestas sont équipées de feux d'obstacles clignotants à LED de technologie ORGA L450-63A/63B et ORGA L550-63A/63B.

II.3.b CONFORMITÉ AUX PRESCRIPTIONS DE L'ARRÊTÉ MINISTÉRIEL

L'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation ainsi qu'aux principales normes et certifications applicables à l'installation.

Cela concerne notamment :

- L'éloignement 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 et de 300 mètres d'une installation nucléaire ;
- L'implantation de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens ;
- La présence d'une voie d'accès carrossable entretenue permettant l'intervention des services d'incendie et de secours ;
- Le respect des normes suivantes : norme NF EN 61 400-1 (version de juin 2006) ou CEI 61 400-1 (version de 2005) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne ;
- L'installation conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation ;
- Le respect des normes suivantes : norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010), normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009) ;
- L'installation conforme aux dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables ;
- Le balisage de l'installation conformément aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L.6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile ;
- Le maintien fermé à clé des accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison, afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements ;
- L'affichage visible des prescriptions à observer par les tiers 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 ;
- La réalisation d'essais d'arrêt permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs ;
- L'interdiction d'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables.

La description détaillée des différents systèmes de sécurité de l'installation sera quant à elle effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la partie GVI.

II.3.c GESTION À DISTANCE DU FONCTIONNEMENT DES ÉOLIENNES

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

Les installations VESTAS sont équipées du système SCADA (Supervisor Control and Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance. Relié à des centres de télésurveillance, il assure la transmission d'alerte en temps réel, permettant certaines actions à distance.

Les éoliennes sont équipées du système de contrôle VMP8000 (Vestas Multi Processeur Controller) qui assure le bon fonctionnement et l'intégrité des différents systèmes internes. C'est un système de contrôle multiprocesseur comprenant un contrôleur principal, des contrôleurs subordonnés, les échanges d'informations (entrées-sorties) entre le processeur et les périphériques associés, les nœuds du réseau, les commutateurs Ethernet et autres équipement de réseau... Il est installé au niveau de la nacelle et exécute les algorithmes de contrôle de la turbine, ainsi que toute la communication (entrées-sorties).

Le réseau de communication est de type TTEthernet (Time Triggered Ethernet network).

Le système de contrôle VMP8000 remplit les fonctions principales suivantes :

- Surveillance et supervision du fonctionnement global ;
- Synchronisation du générateur avec le réseau pendant la séquence de connexion ;
- Orientation automatique de la nacelle ;
- Orientation des pales , pitch (OptiTip) ;
- Contrôle de la puissance réactive et fonctionnement à vitesse variable ;
- Contrôle des émissions sonores ;
- Surveillance des conditions ambiantes ;
- Surveillance du réseau ;
- Surveillance du système de détection de fumée...

Ce système permet notamment l'arrêt d'urgence.

Un détecteur de glace constitué d'une sonde vibratoire est disposé sur la nacelle. Le balourd du rotor dû à la glace conduit à l'arrêt de la machine.

Sur un moniteur de contrôle placé sur le site (au niveau du poste électrique de livraison en général), toutes les données d'exploitation peuvent être affichées et contrôlées, et des fonctions telles que le démarrage, l'arrêt et l'orientation des pales peuvent être commandées.

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

Si un défaut est détecté, le système de contrôle-commande déclenche les alarmes de dysfonctionnement. La mise en sécurité de l'éolienne et son arrêt automatique est enclenchée lorsqu'un des paramètres de suivi dépasse un seuil de danger correspondant. Le centre de télésurveillance en est averti, pour organiser une opération de maintenance.

Un réseau de fibre optique assure la transmission de l'information. Il est préconisé pour sa vitesse de transmission des données et une protection du transfert contre les perturbations électromagnétiques. La chaîne d'arrêt d'urgence est indépendante de l'automate.

La commande de l'éolienne est dotée d'un système d'alimentation sans interruption (ASI) (ou Uninterruptible Power Supply (UPS)). En combinaison avec les batteries logées dans le système à pas, l'éolienne peut être arrêtée en toute sécurité en cas de coupure de réseau. L'ASI assure le fonctionnement de la commande de l'éolienne, y compris l'enregistrement des données et la communication avec l'extérieur pendant environ 15 minutes (jusqu'à 400 minutes en option).

II.3.d MÉTHODES ET MOYENS D'INTERVENTION

Chaque aérogénérateur est doté d'un extincteur portatif à CO2 de 5 à 6 kg, une trousse de secours et une couverture anti-feu et notamment lors des opérations de maintenance.

Les éoliennes sont équipées de détecteurs de fumée dans la nacelle et en pied de mât, au niveau du frein à disque, dans le transformateur, dans les armoires électriques principales... Ils sont connectés au système de protection de l'éolienne : mise à l'arrêt.

Il est strictement interdit de fumer dans les aérogénérateurs et dans le poste de livraison.

En cas de sinistre, les pompiers seront prévenus par le personnel du site ou les riverains directement par le 18 ou 112. L'appel arrivera au Centre de Traitement des Appels (CTA), qui est capable de mettre en œuvre les moyens nécessaires en relation avec l'importance du sinistre. Cet appel sera ensuite répercuté sur le Centre de Secours disponible et le plus adapté au type du sinistre. Le SDIS 02 dispose de trois types de centres d'intervention :

- Les Centres de Secours Principaux (CSP), dont celui de Soissons à environ 18 km ;
- Les Centres de Secours (CS),
- Les Centres de Première Intervention (CPI), dont celui de Braine à environ 3,5 km.

Le Service Départemental des Incendies et Secours de l'Aisne, par courrier du 20 septembre 2018, rappelle que le projet devra être desservi par une voie présentant toutes les caractéristiques d'une voie « engins ».

Les voies réalisées pour la construction et l'exploitation d'un parc éolien répondent aux caractéristiques préconisées par le SDIS. Ces voies seront maintenues et entretenues pendant toute la durée d'exploitation des installations, donnant un accès facilité au site. La présence d'un extincteur par installation est aussi requise.

Les plans d'accès au site, ainsi que les coordonnées et caractéristiques pertinentes des aérogénérateurs (hauteur, conditions d'accès, identification et localisation des dangers, etc.) seront communiqués au Service Départemental d'Incendie et de Secours.

Les moyens d'intervention une fois l'incident ou accident survenu, sont des moyens de récupération des fragments : grues, engins, camions.

En cas d'incendie avancé, les sapeurs-pompiers se concentreront sur le barrage de l'accès au foyer d'incendie. Une zone de sécurité avec un rayon de 500 mètres autour de l'éolienne devra être respectée.

II.3.e ACCÈS SUR LE SITE

Conformément à l'arrêté du 26 août 2011, Art. 13 et 14, des panneaux seront apposés au droit des chemins d'accès aux éoliennes et des postes de livraison et sur le mât des éoliennes. Ils mentionneront, soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes, les prescriptions à adopter par les tiers :

- Consignes de sécurité en cas de situation anormale (se mettre en sécurité en s'éloignant de l'éolienne (minimum 500 m), prévenir les tiers de la présence potentielle d'un danger et les dissuader de s'en approcher, téléphoner immédiatement au N° du responsable laisser sur le panneau afin de signaler la situation) ;
- Mise en garde des risques d'électrocution et les consignes de premiers secours à un électrisé et le danger relatif à la présence de gaz SF6 ;
- Danger électromagnétique : interdiction d'accès aux personnes munies d'un pacemaker ;
- Mise en garde des risques de chute de glace ;
- Interdictions de pénétrer dans les éoliennes (entrée interdite au personnel non-authorized).

Concernant ce dernier point, il convient de rappeler l'accessibilité aux aérogénérateurs et aux postes de livraison est strictement interdite à toute personne étrangère à l'installation. Leurs accès seront maintenus fermés à clef.

II.4 OPÉRATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

II.4.a ESSAI ET MISE EN SERVICE

Avant la mise en service des éoliennes, des essais sont réalisés pendant une centaine d'heures en moyenne. Ils permettent notamment de vérifier le fonctionnement correct de l'installation (Art. 15 de l'Arrêté du 26 août 2011) :

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

Suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise une vérification de l'état fonctionnel des équipements ci-avant énumérés en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

Une première inspection est prévue au bout de 3 mois de fonctionnement des éoliennes, une liste des tâches de maintenance à effectuer est donnée par Vestas. (cf ANNEXE 9 - PRINCIPALES OPERATIONS DE MAINTENANCE LORS DE L'INSPECTION DES 3 MOIS).

II.4.b MAINTENANCE PRÉDICTIVE

Les opérations de maintenance préventives préconisées par le constructeur sont détaillées dans ses manuels dédiés (cf ANNEXE 10 - OPERATIONS DE MAINTENANCE SUPPLEMENTAIRES LORS DES INSPECTIONS ANNUELLES). Le suivi de ces préconisations est impératif car leur respect conditionne le maintien opérationnel de l'éolienne et de ses fonctions de sécurité. Le manuel de maintenance de chaque aérogénérateur est par ailleurs dûment établi et validé dans le cadre de sa certification-type (conformément à l'article 19 de l'arrêté du 26 août 2011).

Chacune des interventions sur les éoliennes ou leurs périphériques fait l'objet de l'arrêt du rotor pendant toute la durée des opérations.

Ces opérations incluent des contrôles visuels, vérification de serrages, graissages, changement d'huile, vérification de niveaux, test des systèmes de sécurité, remplacement des charbons des collecteurs, mesures de niveau d'isolement électrique, etc... qui sont semestriels ou annuels.

Des essais d'arrêt, d'arrêt d'urgence et de simulation de survitesse sont réalisés lors de mise en service de l'aérogénérateur ainsi que lors des opérations de maintenance préventive (dont la périodicité n'excède pas 1 an).

Le contrôle visuel et de serrage des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât font partie des opérations de maintenance préventive de l'aérogénérateur. Ils sont consignés et répertoriés dans les protocoles de maintenance, mis à disposition des exploitants. Ces contrôles interviennent 3 mois, puis un an après la mise en service de l'aérogénérateur, puis avec une périodicité inférieure à un an pour le contrôle visuel et de serrage. De même, le contrôle des systèmes instrumentés de sécurité est effectué lors de chaque maintenance préventive, d'une périodicité inférieure à un an. Le serrage des brides de fixations et du mât est réalisé tous les deux ans sur un échantillon tournant permettant la révision complète à terme des serrages de chaque vis de toutes les brides.

Ces opérations sont détaillées et regroupées par ensemble fonctionnel de l'aérogénérateur : ils constituent une check-list suivie par les équipes de maintenance, dûment renseignée, signée, et mise à la disposition des exploitants au terme de chaque opération de maintenance.

Ainsi l'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées en matière d'exploitation. L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'Arrêté du 26 08 2011.

En cas de déviance sur la production ou d'avaries techniques, une équipe de maintenance interviendra sur le site. Vestas est présent en France depuis 2000, avec un réseau de 10 centres de maintenance ainsi qu'un centre de formation. Il existe trois centres de maintenance Vestas dans les Hauts de France, à Amiens, Saint Quentin, et Bapaume. Il existe également un centre de maintenance à Reims, dans la région Grand-Est. Cette proximité est gage de réactivité en cas d'anomalies de fonctionnement. **Le centre de maintenance le plus proche est celui de Reims à environ 40 km.**

Par ailleurs, la société Vestas prévoit d'accompagner ses aérogénérateurs selon différents types de contrat de maintenances prédictives et curatives, dont celle de base prévoyant une maintenance planifiée deux fois par an.

II.5 STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

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

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien des Trois Communes du Plateau sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien.

Les produits utilisés dans les éoliennes Vestas sont approuvés par la certification environnementale de Vestas ISO 14001:2015. Ils se composent de :

- Antigél dans le système de refroidissement ;
- Huile de lubrification du multiplicateur (1000-1500 litres, ISO 4406-/15/12) ;
- Huile hydraulique pour le système d'orientation des pales et les commandes de freins ;
- Graisse de lubrification pour les roulements ;
- Différents produits (lubrifiants, décapants, produits de nettoyage...), utilisés lors de la maintenance mais toujours en faibles quantités (quelques litres au plus).

La liste détaillée des substances chimiques présentes dans les éoliennes ou utilisées lors de la maintenance est fournie en ANNEXE 8 : LISTE DES SUBSTANCES CHIMIQUES PRESENTES DANS LES EOLIENNES OU UTILISEES LORS DE LA MAINTENANCE.

L'ensemble des produits est, une fois usagé, traité en tant que déchets industriels spéciaux.

Des déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...) sont également produits.

Points de lubrification	Produits ¹⁰	Quantité	Changement	Dangerosité
Lubrification (graisse)				
Roulements pour les pales	Klüber Klüberplex BEM41-141	Réservoir complet : 15 kg	Annuel	Non classé
Dentures de la couronne d'orientation (pompe 1)	Klüberplex AG11-462	Réservoir complet : 2 kg	Annuel	Non classé
Surface de la couronne d'orientation (pompe 2)	Shell Gadus S5 T460 1.5	Réservoir complet : 2 kg	Annuel	Non classé
Roulements du générateur	Klüber Klüberplex BEM 41-132	2/3 du réservoir : 2,4 kg	Annuel	Non classé
Roulements principaux	SKF LGWM 1	Réservoir complet : 8 kg	Annuel	Non classé S24/25
Huiles				
Système hydraulique	Texaco Rando WM 32/ Mobil DTE10-Excel32	250 litres	Selon les analyses	Non classé R10 R65 R66
Multiplicateur	Mobilgear SHC XMP 320	Entre 1 000 et 1 200 litres	Selon les analyses	Non classé
Pignonnerie des moteurs d'orientation nacelle	Shell Tivela S 320	96 litres	Décennal	Non classé
Liquide de refroidissement				
Transmission et refroidissement hydraulique	Texaco Havoline XLC +B -40	200 litres	Quinquennal	Nocif (Xn) R22
Refroidissement du générateur et du convertisseur	Texaco Havoline XLC +B -40	400 litres	Quinquennal	Nocif (Xn) R22

Tableau 13 : Liste principale des produits utilisés dans les éoliennes de type V150-4.0 MW (Source : Vestas)

Les cellules HTA situées au pied du mât de l'aérogénérateur contiennent de l'hexafluorure de soufre SF6. Ce gaz n'est pas classé dangereux mais est sous pression dans les cellules HT. Il possède néanmoins un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important.

Les cellules HTA du poste de raccordement contiennent du SF6.

¹⁰ Graisse = lubrifiant solide ; huile = lubrifiant liquide

III FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX DE L'INSTALLATION

III.1 RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE

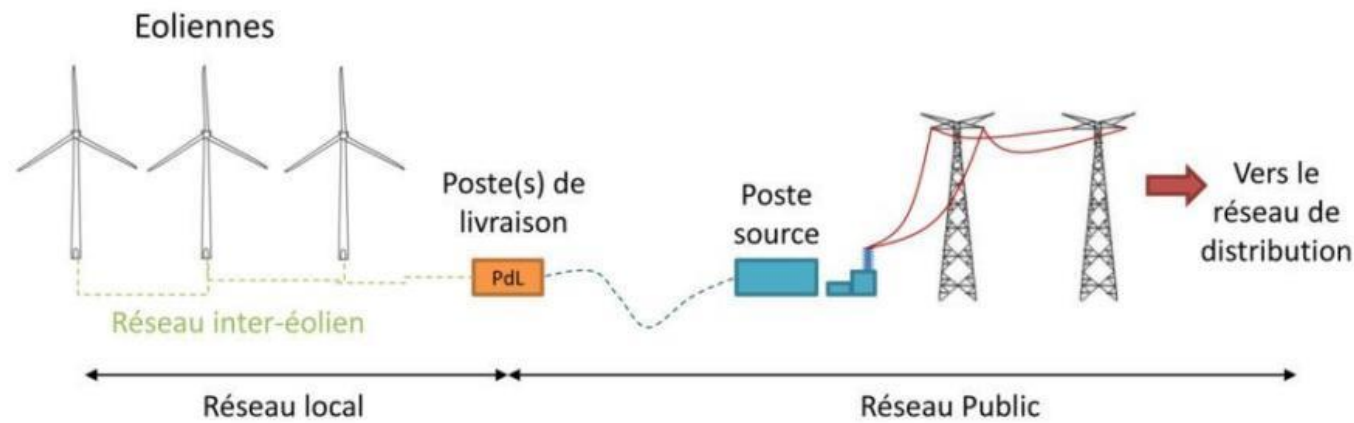


Figure 15 : Raccordement électrique des installations

III.1.a DANS L'ÉOLIENNE

L'énergie mécanique du rotor est transformée en électricité à travers la génératrice sous une tension de 800V triphasée (50 Hz), reprise par un convertisseur en 720 V. Afin de limiter les pertes en ligne, cette tension sera rapidement élevée en 20 000 volts par le transformateur situé dans la structure de l'éolienne. Une gaine est réservée dans la fondation de l'éolienne afin de faire passer les câbles en souterrain vers l'extérieur.

III.1.b RÉSEAU INTER-ÉOLIEN

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, présent dans l'éolienne, au point de raccordement avec le réseau public : le poste de livraison. 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. La fibre optique sera enterrée dans la même tranchée que le réseau HTA inter-éolienne. Ce réseau de câblage s'appuiera alors sur les chemins et pistes de desserte du parc éolien.

III.1.c POSTE DE LIVRAISON

Le poste de livraison est le point de jonction du raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public.

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. Le parc des Trois Communes du Plateau comporte 4 postes de livraison regroupés sur une plateforme.

III.1.d RÉSEAU ÉLECTRIQUE EXTERNE

Le réseau électrique externe relie le poste 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.

Le poste de livraison sera relié au réseau national de distribution via un poste source électrique.

Dans la mesure où la procédure de raccordement ENEDIS n'est lancée réglementairement qu'une fois la notification de l'autorisation environnementale obtenue par l'opérateur, le tracé du raccordement n'est pas déterminé à ce stade du projet et seules des hypothèses peuvent être avancées, privilégiant le passage sur le domaine public. Ce raccordement nécessitera une tranchée d'environ 60 cm de large sur environ 1 à 1,20 m, rebouchée au fil de l'avancement du raccordement.

A ce jour, Eléments propose 3 hypothèses : un raccordement aux postes de Soissons, Soissons-Notre-Dame ou Fismes. Sur ces postes, la capacité d'accueil réservée au titre du S3REnR qui reste à affecter est de 0 MW (mars 2020), mais Eléments prévoit d'effectuer une demande d'extension de capacité d'accueil.

Conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011, les installations électriques internes à l'éolienne respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 et les installations électriques extérieures sont conformes aux normes NFC 15-100 (version 2008), NFC 13-100 (version 2001) et NFC 13-200 (version 2009).

III.2 AUTRES RÉSEAUX

Le parc éolien des Trois Communes du Plateau ne comporte pas :

- de réseau d'alimentation en eau potable,
- de réseau d'assainissement,
- de connexion à un réseau de gaz.

E 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.

I POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PRODUITS

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

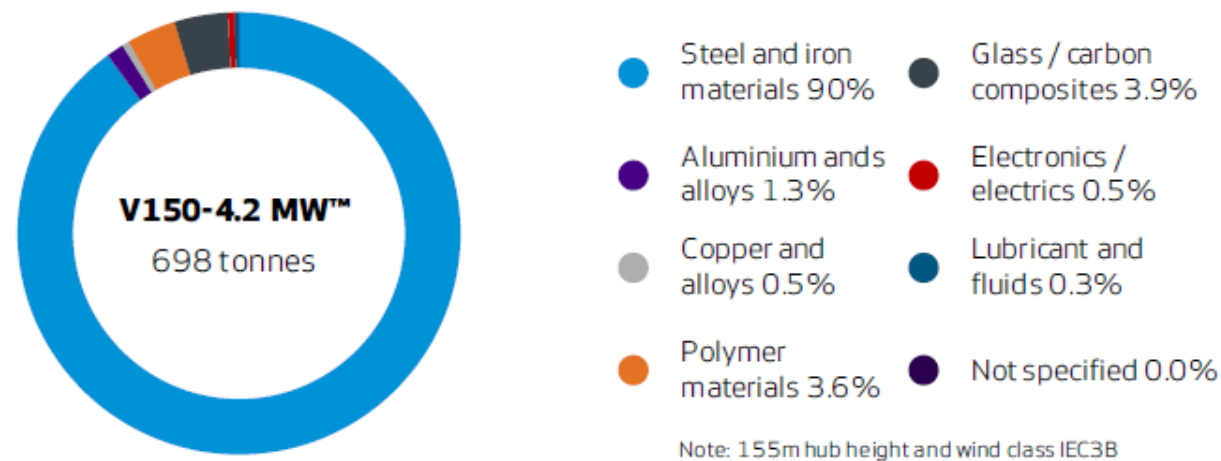


Figure 16 : Composition d'une éolienne Vestas V150 (pourcentage en masse)

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien des Trois Communes du Plateau sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

La liste des produits utilisés est détaillée dans le Tableau 13 : Liste principale des produits utilisés dans les éoliennes de type V150-4.0 MW (Source : Vestas) et la liste détaillée des substances chimiques présentes dans les éoliennes ou utilisées lors de la maintenance est fournie en annexe ANNEXE 8 : LISTE DES SUBSTANCES CHIMIQUES PRESENTES DANS LES EOLIENNES OU UTILISEES LORS DE LA MAINTENANCE

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

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien des Trois Communes du Plateau sont :

- **L'incendie** : des produits combustibles sont présents sur le site. Ainsi, la présence d'une charge calorifique peut alimenter un incendie en cas de départ de feu ;
- **La toxicité** : ce risque peut survenir suite à un incendie créant certains produits de décomposition nocifs, entraînés dans les fumées de l'incendie ;
- **La pollution** : en cas de fuite sur une capacité de stockage, la migration des produits liquides dans le sol peut entraîner une pollution, également en cas d'entraînement dans les eaux d'extinction incendie.

Inflammabilité et comportement vis-à-vis de l'incendie

Avec un point éclair de l'ordre de 200°C, les huiles et graisses sont des produits faiblement inflammables qui, sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud intense, peuvent développer ou entretenir un incendie. Dans les incendies d'éoliennes, ces produits sont souvent impliqués.

Certains produits de maintenance peuvent être inflammables. Ils ne sont pas stockés dans les éoliennes, mais amenés lors des interventions et repris à la fin.

Toxicité pour l'homme

Parmi la liste des produits mis en œuvre au sein du parc éolien, un produit est recensé nocif (Xn) (liquide de refroidissement).

Le personnel peut également être exposé à des poussières de carbone lors des interventions sur les balais-collecteurs de la génératrice de l'aérogénérateur.

L'ensemble des substances et produits utilisés répond aux exigences de la Directive Européenne relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses (Directive 67/548/CEE du Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses ; modifiée par le nouveau règlement (CE) N° 1272/2008 et la création de l'Agence Européenne des produits chimiques). Aucune substance ou produit utilisé par le constructeur n'est classifié comme CMR (Cancérogène, Mutagène, Repro-toxique) au sens de l'article R4411-1 et suivants du code du travail.

Des Equipements de Protection Individuels appropriés sont mis à disposition par l'employeur afin de protéger les opérateurs contre les risques chimiques générés par l'utilisation de certains produits. Les dangers représentés par l'utilisation de certains produits ainsi que les mesures de prévention associées sont détaillés dans des instructions à usage interne ainsi que dans les plans de prévention des risques qui sont présents en machine et dont les opérateurs prennent connaissance avant toute intervention.

Dangerosité pour l'environnement

La majorité des produits recensés est « légèrement dangereux pour l'eau (WHC) » voir « Comporte un danger pour l'eau (WHC) ». Ces produits peuvent donc être toxiques pour les organismes aquatiques et peuvent entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique. En cas de déversement au sol ou dans les eaux, une pollution du milieu est à envisager, même si leurs dangerosités restent majoritairement faibles.

Conclusion

Aucune incompatibilité ou interaction chimique n'est à envisager.

Les produits ne présentent pas de réel danger si ce n'est lors d'incident lié à un incendie ou d'un déversement accidentel dans l'environnement pouvant entraîner des effets sur les organismes et l'environnement aquatiques ou une pollution des sols.

II POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien des Trois Communes du Plateau sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

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

Tableau 14 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation

III RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS À LA SOURCE

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

III.1 PRINCIPALES ACTIONS PRÉVENTIVES

III.1.a RÉDUCTION DES DANGERS LIÉS AUX PRODUITS

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants et liquide de refroidissement (source Vestas) :

- environ 600 litres de liquides de refroidissement ;
- entre 1346 et 1 546 litres d'huiles ;
- environ 29 kg de graisses.

Les lubrifiants doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 1 an à 10 ans (ou selon analyse).

Les quantités de produits ne peuvent être diminuées et les produits lubrifiants en eux-mêmes ne peuvent faire l'objet de substitution (considérés comme non dangereux pour l'environnement si utilisés comme recommandés et combustibles mais non inflammables).

Les produits de nettoyage de type solvant, classés comme dangereux pour l'environnement peuvent quant à eux potentiellement faire l'objet de substitution. On rappelle cependant que ces produits ne sont utilisés que de manière ponctuelle et ne sont pas présents sur le site.

Tous les éléments stockant de l'huile sur les éoliennes V150- 4 MW sont équipés de **détecteurs de niveau d'huile** (boîte de vitesse, système hydraulique, générateur, etc...) permettant de prévenir les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. En cas de fuite, des bacs de rétention sont présents sous les éléments principaux comme le générateur, la boîte de vitesse ou le groupe hydraulique. De plus, pour contenir les fuites importantes issues d'un élément présent dans la nacelle, la plateforme supérieure de la tour est conçue pour faire office de bac de rétention de secours.

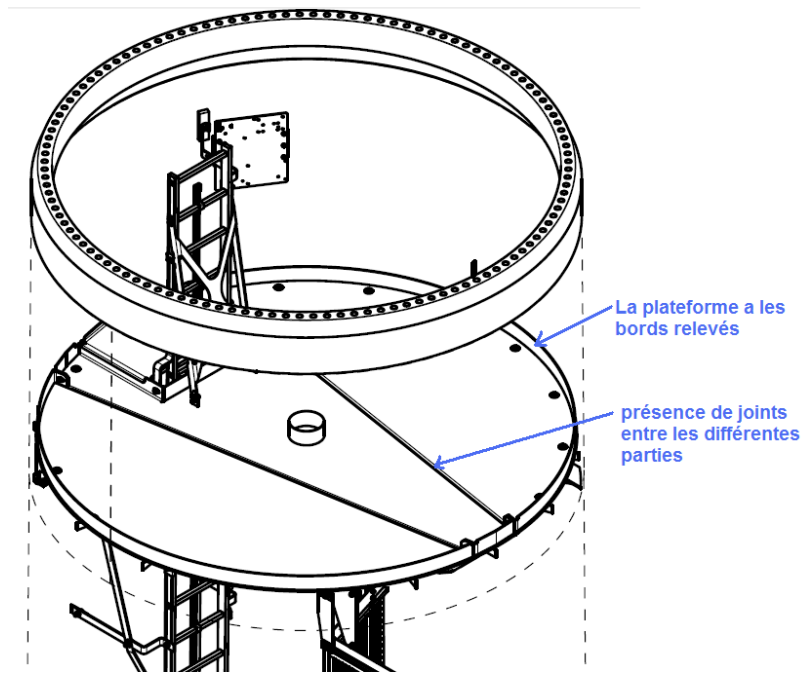


Figure 17: La plateforme supérieure de la tour fait office de bac de rétention de secours

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. L'huile usagée est récupérée par un véhicule de pompage spécialisé directement dans le multiplicateur. L'huile neuve est injectée de la même manière. L'huile récupérée est ensuite directement transportée pour son recyclage.

III.1.b RÉDUCTION DES DANGERS LIÉS AUX INSTALLATIONS

III.1.b.1 Choix du site et des implantations

Eléments a retenu pour le développement de son projet éolien, une partie du territoire des communes de Brenelle, Courcelles-sur-Vesle et Saint-Mard, pour ses caractéristiques favorables eu égard à ce type de projet. L'étude d'impact détaille l'ensemble des enjeux et sensibilités environnementales, dont on retiendra principalement, pour les secteurs retenus vis-à-vis de l'implantation des éoliennes :

- une ressource en vent favorable ;
- un éloignement de plus de 500 m des habitations et des zones urbanisables. Ce recul apparait suffisant pour supprimer tout risque pour les zones habitées riveraines ;
- des faibles contraintes techniques sur tous les items de l'environnement (aucune contrainte rédhibitoire pour le projet : cf. étude d'impact), absence de voie structurante...

III.1.b.2 Choix et caractéristiques des éoliennes et du constructeur

Les éoliennes choisies sont des modèles de la plateforme 4.2MW de Vestas. Elles s'appuient sur l'expérience d'un constructeur historique d'éolienne et un leader mondial : 78 GW en fonctionnement et 17 % des capacités mondiales.

Grace à l'étude de potentiel éolien, le choix s'est ainsi porté sur des éoliennes d'une puissance unitaire de 4.2 MW avec une hauteur de mât de 105 m et un rotor qui aura un diamètre important de 150 m. Ce sont des considérations essentiellement de production énergétique qui ont conduit à ce choix. En effet, la vitesse du vent moyen augmente avec la hauteur au sol. En outre, bénéficier de grande longueur de pales permet d'augmenter la surface balayée du rotor et donc l'énergie cinétique du vent sera mieux exploitée par l'éolienne. De plus, les éoliennes choisies sont compatibles avec la classe de vent du site.

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

Les normes de référence applicables et appliquées aux machines sont détaillées ci-après.

Une liste des codes et standards est appliquée pour la construction des éoliennes Vestas et est en partie présentée dans le paragraphe DII.3.a Règles de conception et système qualité, ce descriptif n'étant cependant pas exhaustif. Il y a en effet des centaines de standards applicables.

III.1.b.3 Prévention du risque d'effondrement ou de projection de pales

Les caractéristiques techniques relatives aux éoliennes de la plateforme 4.2MW Vestas sont les suivantes :

- les composants de la tour sont traités contre la corrosion conformément à la norme ISO9223 ;
- une certification de la conception et de la réalisation des éoliennes est faite selon les référentiels en vigueur.

D'autre part, en termes de construction, la conception des massifs de fondations constitue un élément fondamental pour limiter le risque de chute d'éolienne, même si ce n'est pas la seule cause possible de chute. Une étude de sol spécifique (géotechnique) permettra de définir les besoins spécifiques et le dimensionnement de ces massifs.

Des réceptions seront réalisées à chaque étape des travaux : réception des fondations, réception de l'éolienne... Un contrôle de conformité sera également commandé à la fin du chantier pour s'assurer de sa bonne réalisation et de l'absence de risque notamment en termes d'effondrement de l'éolienne.

Les éoliennes sont conçues pour intégrer dès la conception une réduction des risques à la source. Les opérations de maintenance comprennent à la fois des interventions à proprement parler (renouvellement de pièces, d'huiles...) et des contrôles de l'état de la machine (cf DII.4).

Ces mesures techniques prises par les constructeurs et mises en œuvre par l'exploitant permettent d'apporter les meilleures garanties possibles quant à la maîtrise des risques propres aux éoliennes (comportement des structures dans le temps, risques électriques ...).

Nous rappellerons ici (cf DII.3 Sécurité de l'installation) que le système de gestion de l'éolienne entraîne un arrêt automatique de celle-ci lors de la détection d'une anomalie. Cette information est transmise au centre de surveillance, centre qui peut aussi stopper la machine.

III.1.b.4 Prévention du risque incendie

La prévention et la protection des incendies au sein des éoliennes sont les suivantes :

- protection contre la foudre des installations ;
- conformité des systèmes électriques aux normes applicables ;
- Chaque aérogénérateur est doté d'un extincteur portatif à CO2 de 5 à 6 kg. Ces moyens d'extinction font l'objet d'un contrôle annuel ;

Les éoliennes sont équipées de détecteurs de fumée dans la nacelle et en pied de mât, au niveau du frein à disque, dans le transformateur, dans les armoires électriques principales... Les éoliennes sont également équipées de détecteurs de températures. En cas d'anomalie, ces détecteurs induisent automatiquement l'arrêt de la machine et le découplage du réseau électrique. Ce signal est, en parallèle, transmis au centre de surveillance.

Lors des demandes d'autorisations nécessaires à la construction du parc éolien des Trois Communes du Plateau, les services de secours sont consultés. Ils émettent différentes préconisations quant aux conditions d'accès (largeur des pistes, retournement), aux moyens de préventions... Les pompiers peuvent également réaliser des exercices d'intervention sur les éoliennes de manière à disposer d'équipes compétentes, formées et capables d'intervenir en cas d'accidents.

III.2 UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

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

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

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

F ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontré tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie H ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.

I INVENTAIRES 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 d des Trois Communes du Plateau. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (mars 2012).

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

- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable (dernière consultation : 09/04/2020) ;
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éolien (dernière consultation : 09/04/2020) ;
- Site Internet de l'association « Vent de Colère » (dernière consultation : 09/04/2020) ;
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » (dernière consultation : 09/04/2020) ;
- 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 82 incidents a pu être recensé entre 2000 et avril 2020 (cf TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE). Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques.

Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et avril 2020

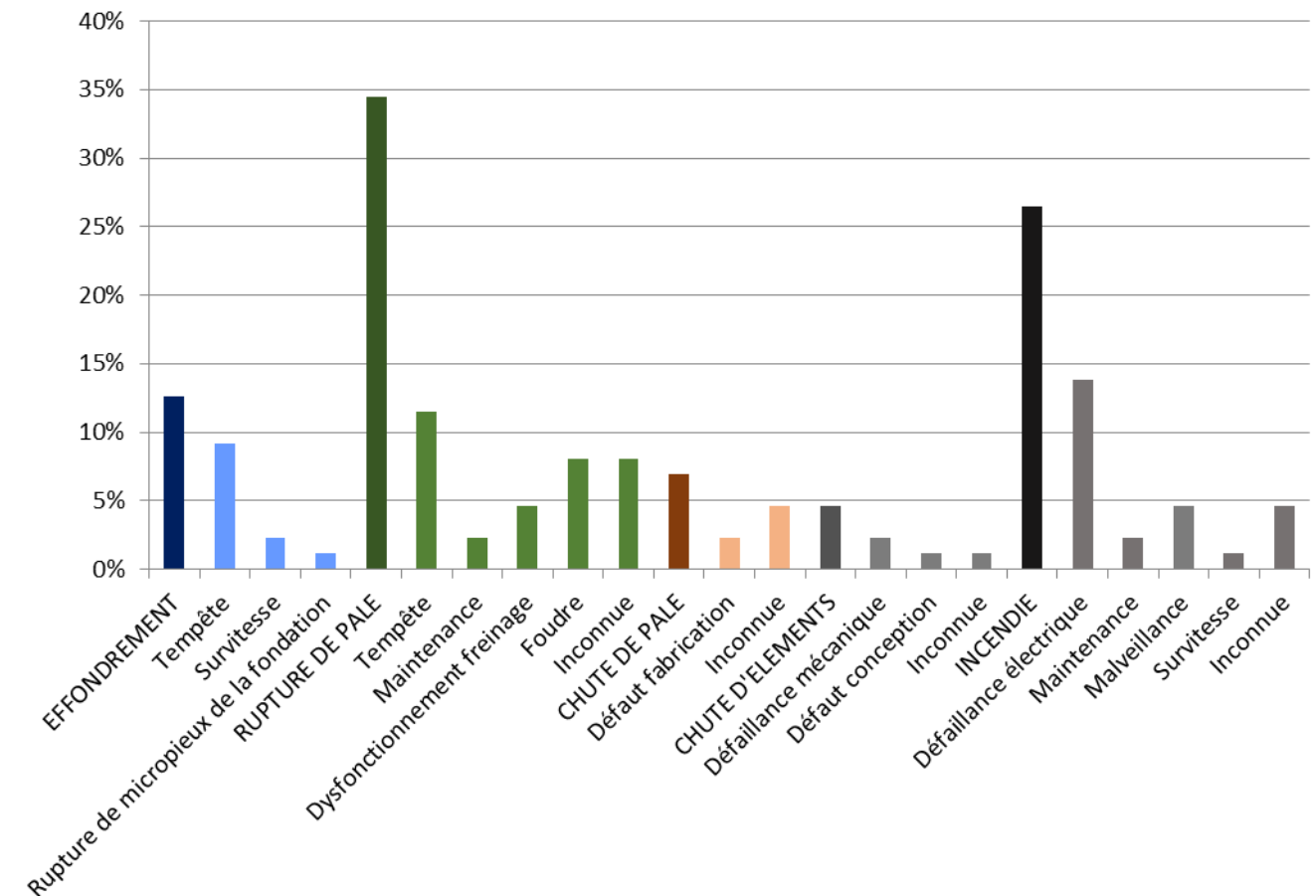


Figure 18 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et avril 2020

Le graphique précédent montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et début 2020 Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements

qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique sont présentés :

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

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les effondrements, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. Les principales causes de ces accidents sont les tempêtes.

II INVENTAIRES DES ACCIDENTS ET INCIDENTS À L'INTERNATIONAL

Le nombre total d'accidents recensés dans le rapport « Summary of Wind Turbine Accident data to 31 mars 2020 » en date du 09 avril 2020, (source : <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/AccidentStatistics.htm>), est de 2663 dont 151 sont recensés comme des accidents fatals ayant engendré 200 décès (124 décès parmi le personnel direct de l'industrie éolienne et 76 personnes extérieures).

Sur les 2596 accidents décrits dans le rapport, 1071 accidents sont considérés comme des « accidents majeurs » et pris en compte dans l'étude de dangers selon la répartition suivante :

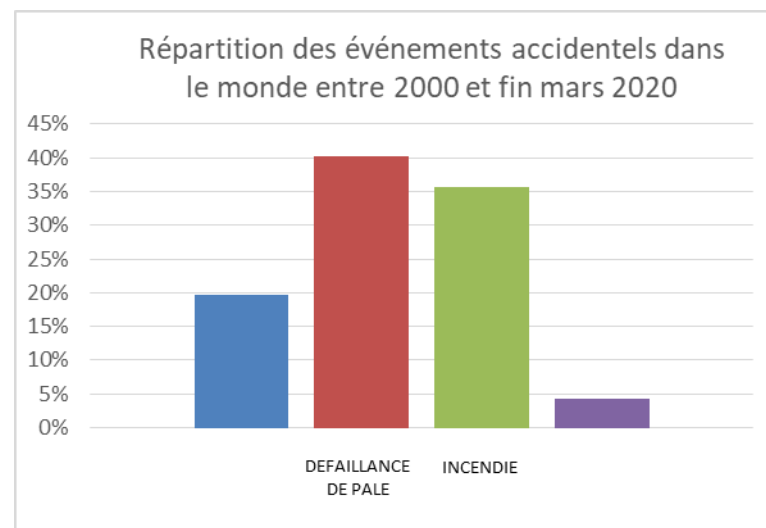
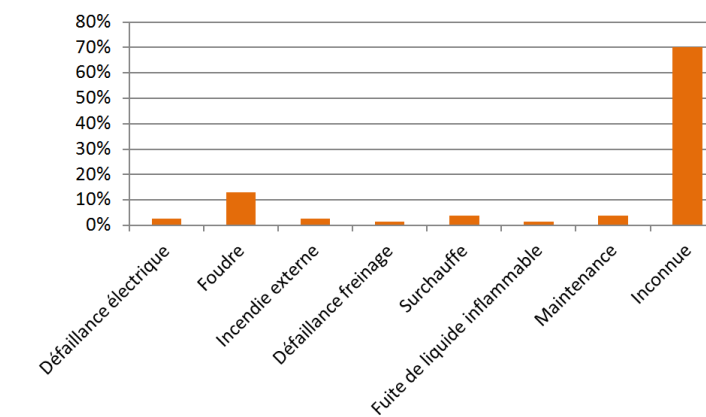
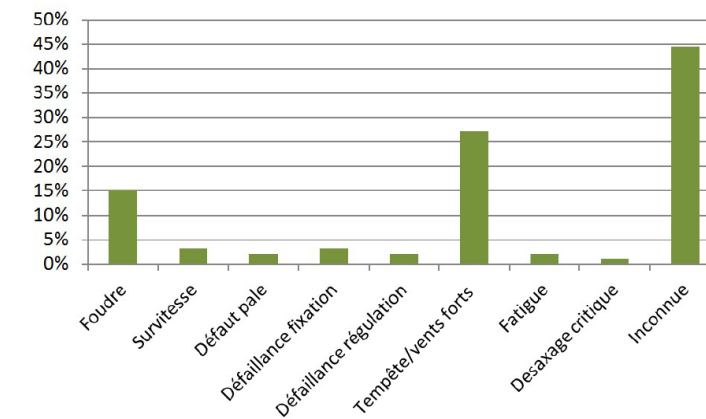
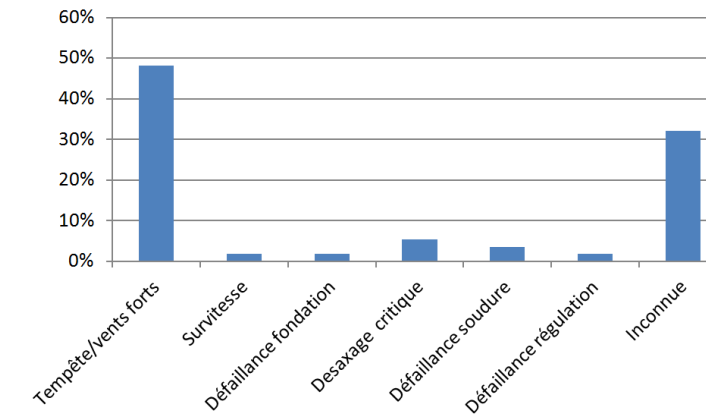


Figure 19 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et fin mars 2020

Les autres accidents concernent plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

Ci-après est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés), issu du Guide technique « Elaboration de l'étude de danger dans le cadre des projets éoliens », rédigé par la FEE en partenariat avec l'INERIS, et publié en 2012.



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.

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

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

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

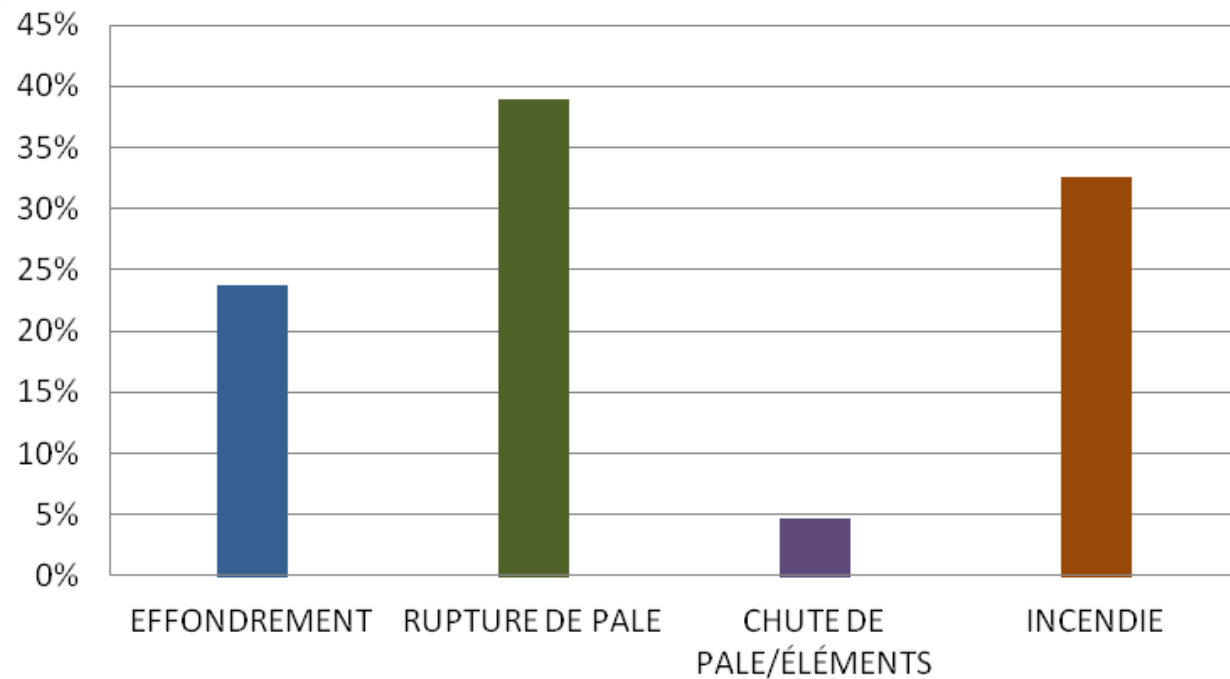


Figure 20 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

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

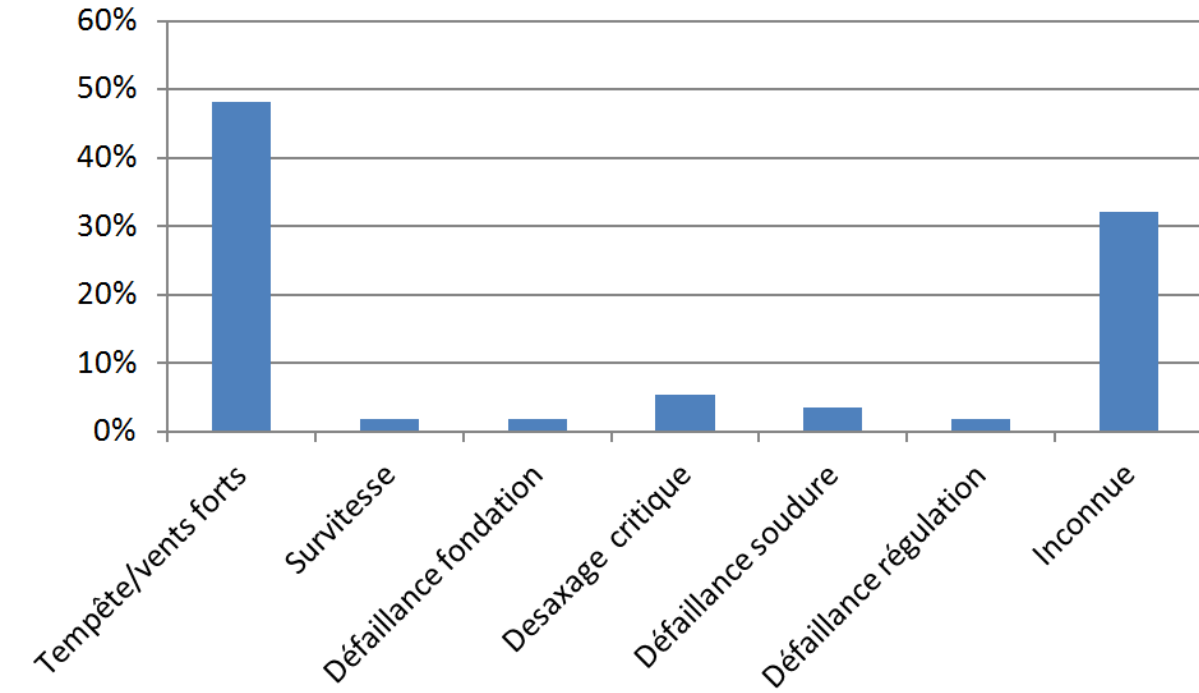


Figure 21 : Répartition des causes premières d'effondrement

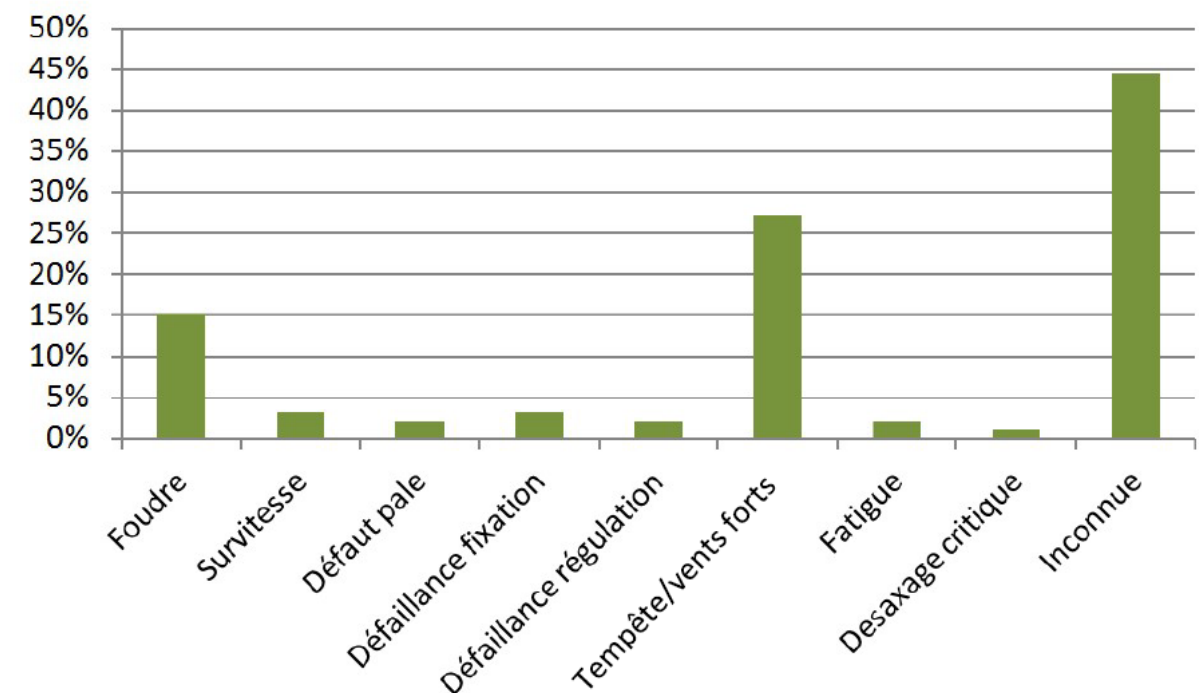


Figure 22 : Répartition des causes premières de rupture de pale

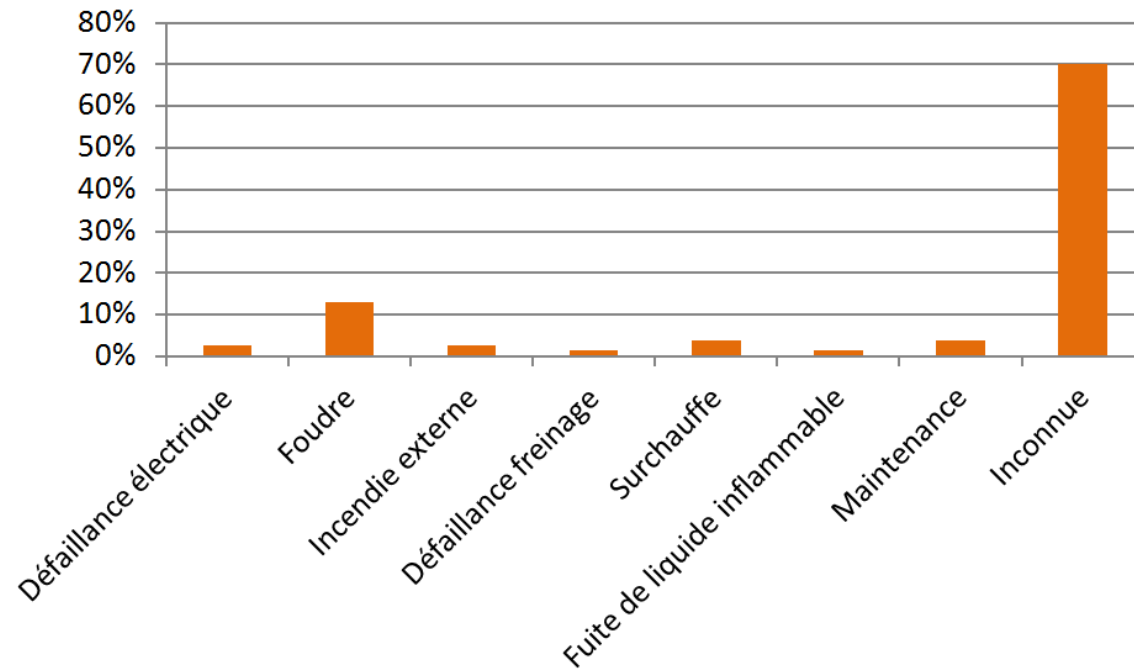


Figure 23 : Répartition des causes premières d'incendie

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.

III INVENTAIRES DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

Le projet éolien des Trois Communes du Plateau étant nouveau, aucun accident n'a pu survenir. Par ailleurs, aucun accident majeur n'est survenu sur les sites de l'exploitant.

IV SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

IV.1 ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

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

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

Evolution du nombre d'incidents annuels en France et capacité éolienne installée

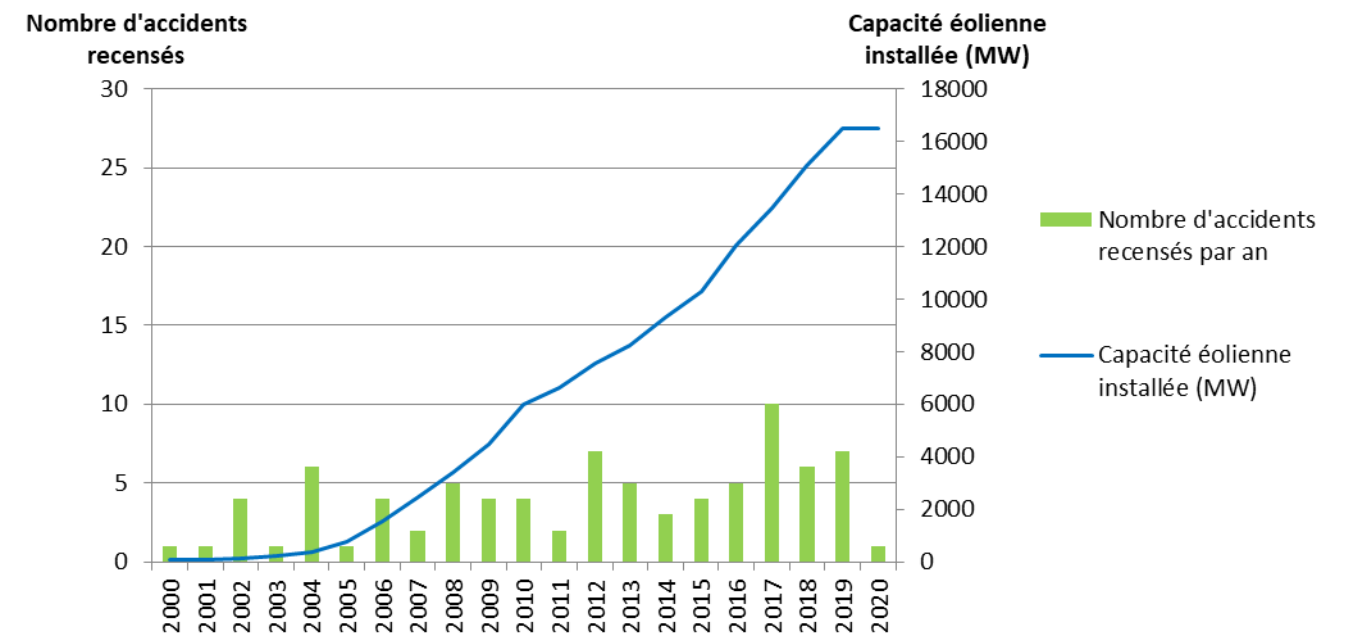


Figure 24 : Evolution du nombre d'incidents annuels et de la capacité éolienne installée

IV.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.

V 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.

G ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

I OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

II RECENSEMENT DES ÉVÈNEMENTS 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.

III RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

III.1 AGRESSION 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	Aucune voie structurante dans l'aire d'étude. Deux RD traversent l'aire d'étude : la RD22 et la RD144. La RD22, la plus proche du projet se situe à 190 m de l'éolienne E06.
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Aucun aérodrome n'est recensé dans les 2000 m de l'installation
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Des lignes électriques traversent la ZIP dont une ligne de 225 kV. Le projet respecte la distance de sécurité (hauteur de l'éolienne + distance de garde de 3 m), puisque l'éolienne la plus proche est E04 à 220 m.
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Absence d'autres aérogénérateurs que ceux du présent parc (éloignement inter-éolienne entre 409 et 1300 m).

Tableau 15 : Agressions externes liées aux activités humaines

Les voies de circulation localisées à proximité des éoliennes ne sont par ailleurs pas considérées comme des voies de circulation structurantes. Il s'agit de dessertes locales ou de chemins et pistes nécessaires aux activités comme l'agriculture.

A la vue des éléments indiqués dans le tableau ci-dessus, aucun agresseur externe lié aux activités humaines n'est recensé.

III.2 AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX PHÉNOMÈNES NATURELS

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	La zone d'implantation n'est pas comprise dans une zone affectée par des cyclones ou tempêtes tropicaux. Aucun arrêté de catastrophe naturelle « Vent et tempête » pris sur les communes. Ce risque reste à considérer : tempête 1999, orages violents accompagnés de rafales de vent (30/06/2012).
Foudre	Les aérogénérateurs sont construits selon la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305 – 3 (Décembre 2006). Le risque est évalué à faible au niveau de la zone d'implantation.
Glissement de sols/ affaissement miniers	Aucun mouvement de terrains ni cavité n'est recensé sur la zone d'étude. Aléa retrait/gonflement des argiles nul à faible. Remontée de nappe / inondation : risque de remontée de nappes de très faible à fort sur l'aire d'étude. Aucune zone inondable selon les bases de données « Atlas des Zones Inondables (AZI) » ou « Territoires à Risques d'Inondation (TRI) ».
Séisme	Zone de sismicité 1 : zone de sismicité très faible.
Feux de forêt	Aucun document réglementaire ne cartographie ou ne précise le risque « feux de forêt ». La zone d'étude est majoritairement boisée : présence de combustible.

Tableau 16 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Comme il a été précisé précédemment, les agressions externes liées à des inondations, à des incendies de forêt ou de cultures ou à des séismes ne sont pas considérées dans ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

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

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

IV SCÉNARIOS ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'analyse préliminaire des risques sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
Scénarios concernant la glace (G)						
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
Scénarios concernant l'incendie (I)						
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
Scénarios concernant les fuites (F)						
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
Scénarios concernant la chute d'éléments de l'éolienne France						

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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
Scénarios concernant les risques de projection (P)						
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12)	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
Scénarios concernant les risques d'effondrement France						
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
E06	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E07	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
E08	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E9	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 17 : Analyse préliminaire 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. Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe.

V 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 ».

Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est proposé de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 m. **Aucune installation ICPE ne situe à moins de 100 m d'une éolienne du parc éolien. Les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude seront donc négligées.**

VI MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ

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

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

- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection ou de déduction du givre permettant, en cas de présence de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non. Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Immédiat (L'alarme est déclenchée dès que le capteur est gelé ou détecte de la neige.) Réponse conforme à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 fixé à quelques minutes (<60 min)		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification des capteurs du système de détection de givre lors des maintenances préventives annuelles.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Non Applicable		
Efficacité	100 %		
Tests	A préciser si possible		
Maintenance	Maintenance préventive semestrielle de la génératrice et de son système de refroidissement, ainsi que du multiplicateur (y compris le système de refroidissement de l'huile du multiplicateur). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage. Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté) L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Maintenance préventive annuelle de l'éolienne avec notamment contrôle de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

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

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Parafoudres sur la nacelle + récepteurs de foudre sur les 2 faces des pales Mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation) Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Mesure de terre lors des vérifications réglementaires des installations électriques		
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. Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants (la nacelle de l'éolienne peut faire office de bac de rétention). Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : <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. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté)		
Efficacité	100 %		
Tests	Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Non applicable		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Non applicable		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60 s suivant le programme de freinage		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.		
Maintenance	Maintenance préventive du système pitch (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive du frein mécanique (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique.		

Fonction de sécurité	Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Détection des défaillances du réseau électrique Batteries pour chaque système pitch Système d'alimentation sans coupure (UPS)		
Description	Surveillance du réseau + surveillance des défaillances réseau par le convertisseur principal qui entraîne la déconnexion de l'éolienne du réseau électrique. Commande de l'éolienne et communication externe assurées pendant environ 10 min, permettant l'arrêt automatique de l'éolienne.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	150 ms pour identifier une défaillance réseau 15 à 60 s pour l'arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage		
Efficacité	100%		
Tests	Vérification de la charge des batteries d'alimentation de secours des systèmes pitch lors de la séquence de démarrage de l'éolienne		
Maintenance	Remplacement des batteries du système pitch au cours de la maintenance quinquennal. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

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

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

VI.1 ORGANISATION HUMAINE

Il n'y a pas d'employé en permanence sur site. Le contrôle assurant le bon fonctionnement et l'intégrité des différents systèmes internes est assuré par un dispositif de contrôle automatique et secondé par une supervision à distance du fonctionnement de l'éolienne.

Un organigramme d'intervention de secours sera réalisé, indiquant les responsabilités en termes de sécurité.

VI.2 SURVEILLANCE ET INTERVENTION

Les éoliennes sont équipées de dispositifs de sécurité afin de détecter tout début de dysfonctionnement et de limiter les risques liés à ceux-ci. Lorsqu'un des paramètres de suivi dépasse un seuil de danger correspondant, l'éolienne est mise en sécurité et est arrêtée automatiquement.

Les éoliennes, en phase de fonctionnement, sont surveillées à distance de manière continue par ordinateur. Des diagnostics ainsi que certaines actions peuvent être réalisés à distance.

En cas d'arrêt liés à des déclenchements de capteurs de sécurité, le centre de télésurveillance est alerté et peut déclencher, organiser, une opération de maintenance. Un arrêt automatique de l'éolienne nécessite une intervention humaine pour son redémarrage.

VI.3 PRESTATAIRES

Généralement, les interventions sont réalisées par le constructeur de l'éolienne, pendant la période de garantie (la plupart du temps 2 ans), puis la société PE BCVM souscrit un contrat de maintenance pour l'exploitation du parc éolien des Trois Communes du Plateau. Vestas propose différents types de maintenance.

VII 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 à priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou 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 ¹¹ et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Aucune implantation ne concerne un périmètre de protection immédiat ou rapprochée de captage AEP. Par conséquent et selon le guide Ineris pour les études de dangers des parcs éolien, ce scénario ne sera pas détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques.

Tableau 18 : Noms des scénarios exclus

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

- projection de tout ou une partie de pale ;
- effondrement de l'éolienne ;
- chute d'éléments de l'éolienne ;
- chute de glace ;
- projection de glace.

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

¹¹ 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

H ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

I 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 toxiques, de surpression et de rayonnement thermique.

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

Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers.

Force est néanmoins de constater que ce sont les seuls phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des éoliennes.

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

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

I.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 2005¹², 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.

I.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 2005¹²).

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 2005¹² 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* ».

¹² 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

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 19 : Intensité et degré d'exposition

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

I.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.

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

Tableau 20 : Classe de gravité selon l'intensité du phénomène

I.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 Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	Rare S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	Extrêmement rare Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

Tableau 21 : Classe de probabilité

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 :

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

Avec :

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

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

II CARACTÉRISATION DES SCÉNARIOS RETENUS

II.1 EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

II.1.a 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 pour les éoliennes du parc éolien des Trois Communes du Plateau de 180 m (Vestas V150 4.2MW H105).

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références ¹³ et ¹⁴). **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.**

II.1.b INTENSITÉ

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien des Trois Communes du Plateau. Les paramètres de calcul sont les suivants :

- R est la longueur de pale (rayon du rotor) : R = 75 m ;
- H est la hauteur du mât (centre du moyeu) : H = 105 m ;
- L est la largeur du mât : L = 4,3 m ;
- LB est la largeur de la base de la pale : LB = 4,3 m (largeur maximale).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)				
Eolienne	Zone d'impact ($ZI = H \times L + 3 \times R \times LB/2$)	Zone d'effet du phénomène étudié ($ZE = \pi \times (H+R)^2$)	Degré d'exposition du phénomène étudié ($d = ZI/ZE$)	Intensité
E01 à E09	924 m ²	101 787,6 m ²	0,91%	Exposition modérée

Tableau 22 : Intensité du phénomène d'effondrement d'éolienne

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

¹³ Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005

¹⁴ Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieursgesellschaft, 2004

II.1.c GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe I.3I.3 Gravité), 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 :

Intensité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée : Pour E01 à E04
« Désastreux »	Plus de 1000 personnes exposées
« Catastrophique »	Entre 100 et 1000 personnes exposées
« Important »	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieux »	Moins de 10 personnes exposées
« Modéré »	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »

Tableau 23 : Classe de gravité retenue du scénario « effondrement de l'éolienne »

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. La méthodologie d'évaluation du nombre de personnes exposées a été développée au paragraphe CII Cartographie de synthèse et adapté à la zone d'effet d'effondrement de l'éolienne.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)					
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)				Gravité
	Ensemble homogène	Surface (ha)	Règle de calcul	Enjeux humains (EH)	
E01	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,514	1 / 10 ha	0,148	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,665	1 / 100 ha		
E02	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,446	1 / 10 ha	0,142	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,733	1 / 100 ha		
E03	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,436	1 / 10 ha	0,141	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,742	1 / 100 ha		
E04	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,453	1 / 10 ha	0,146	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,726	1 / 100 ha		
E05	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,659	1 / 10 ha	0,161	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,520	1 / 100 ha		
E06	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,309	1 / 10 ha	0,130	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,870	1 / 100 ha		
E07	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,446	1 / 10 ha	0,142	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,733	1 / 100 ha		
E08	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,486	1 / 10 ha	0,146	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,692	1 / 100 ha		
E09	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,318	1 / 10 ha	0,130	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,861	1 / 100 ha		

Tableau 24 : Gravité du phénomène d'effondrement d'éolienne

II.1.d 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 ¹⁵	4,5 x 10 ⁻⁴	Retour d'expérience
Specification of minimum distances ¹⁶	1,8 x 10 ⁻⁴ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

Tableau 25 : Probabilité du phénomène d'effondrement d'éolienne

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'expérience¹⁷, 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 ;

¹⁵Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005

¹⁶Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieuresellschaft, 2004

¹⁷Une 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.

- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique.

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

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

II.1.e ACCEPTABILITÉ

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc des Trois Communes du Plateau 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
E01	Modérée	Acceptable
E02	Modérée	Acceptable
E03	Modérée	Acceptable
E04	Modérée	Acceptable
E05	Modérée	Acceptable
E06	Modérée	Acceptable
E07	Modérée	Acceptable
E08	Modérée	Acceptable
E09	Modérée	Acceptable

Tableau 26 : Acceptabilité du risque dû au phénomène d'effondrement d'éolienne

Ainsi, pour le parc éolien des Trois Communes du Plateau, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un **risque acceptable pour les personnes**. Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

II.2 CHUTE DE GLACE

II.2.a 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 WECO¹⁸, 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.

II.2.b ZONE D'EFFET

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. **Pour le parc éolien des Trois Communes du Plateau, la zone d'effet à donc un rayon de 75 mètres.** Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

II.2.c INTENSITÉ

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien des Trois Communes du Plateau. Avec Z_I la zone d'impact et Z_E la zone d'effet, les paramètres de calcul sont :

- R est la longueur de pale (rayon du rotor) : $R = 75$ m,
- SG est la surface du morceau de glace majorant : $SG = 1$ m².

¹⁸ Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol)			
Zone d'impact ($Z_I = SG$)	Zone d'effet du phénomène étudié ($Z_E = \pi \times R^2$)	Degré d'exposition du phénomène étudié ($d = Z_I/Z_E$)	Intensité
1 m ²	17 671 m ²	0,005% (<1%)	Exposition modérée

Tableau 27 : Intensité du phénomène de chute de glace

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

II.2.d GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. I.3 Gravité), 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 ».

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est basée sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 modifiée relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. La méthodologie d'évaluation du nombre de personnes exposées a été développée au paragraphe CII Cartographie de synthèse et adapté à la zone d'effet relative à la chute de glace.

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 associée¹⁹ :

¹⁹ Aucun chemin de randonnée n'est présent dans la zone d'effet de ce risque

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)					
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)				Gravité
	Ensemble homogène	Surface (ha)	Règle de calcul	Enjeux humains (EH)	
E01	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,228	1 / 10 ha	0,038 (<1)	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,539	1 / 100 ha		
E02	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,295	1 / 10 ha	0,044 (<1)	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,473	1 / 100 ha		
E03	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,289	1 / 10 ha	0,044 (<1)	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,478	1 / 100 ha		
E04	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,295	1 / 10 ha	0,044 (<1)	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,472	1 / 100 ha		
E05	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,289	1 / 10 ha	0,044 (<1)	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,478	1 / 100 ha		
E06	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,251	1 / 10 ha	0,040 (<1)	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,517	1 / 100 ha		
E07	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,298	1 / 10 ha	0,045 (<1)	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,469	1 / 100 ha		
E08	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,282	1 / 10 ha	0,043 (<1)	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,485	1 / 100 ha		
E09	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,262	1 / 10 ha	0,041 (<1)	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,505	1 / 100 ha		

Tableau 28 : Gravité du phénomène de chute de glace

II.2.e PROBABILITÉ

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

II.2.f 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 des Trois Communes du Plateau, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E01	Modérée	Acceptable
E02	Modérée	Acceptable
E03	Modérée	Acceptable
E04	Modérée	Acceptable
E05	Modérée	Acceptable
E06	Modérée	Acceptable
E07	Modérée	Acceptable
E08	Modérée	Acceptable
E09	Modérée	Acceptable

Tableau 29 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute de glace

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

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

II.3 CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

II.3.a 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. **Pour le parc des Trois Communes du Plateau, la zone d'effet à un rayon de 75 m.**

II.3.b INTENSITÉ

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien des Trois Communes du Plateau. Avec Z_I la zone d'impact et Z_E la zone d'effet, les paramètres de calcul sont :

- R est la longueur de pale (rayon du rotor) : $R = 75$ m,
- LB est la largeur de la base de la pale : $LB = 4,3$ m (largeur maximale).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol)			
Zone d'impact ($Z_I = R \times LB/2$)	Zone d'effet du phénomène étudié ($Z_E = \pi \times R^2$)	Degré d'exposition du phénomène étudié ($d = Z_I/Z_E$)	Intensité
161,3 m ²	17671 m ²	0,91% (<1%)	Exposition Modérée

Tableau 30 : Intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne

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

II.3.c GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. I.3 Gravité), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments, 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 ».

La zone d'effet étant la même que pour le paragraphe précédent « chute de glace », le nombre de personnes exposées est réutilisé ici.

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E01	0,038	Modérée
E02	0,044	Modérée
E03	0,044	Modérée
E04	0,044	Modérée
E05	0,044	Modérée
E06	0,040	Modérée
E07	0,045	Modérée
E08	0,043	Modérée
E09	0,041	Modérée

Tableau 31 : Gravité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne

II.3.d PROBABILITÉ

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit $4,47 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an).

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

II.3.e 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 des Trois Communes du Plateau, 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
E01	Modérée	Acceptable
E02	Modérée	Acceptable
E03	Modérée	Acceptable
E04	Modérée	Acceptable
E05	Modérée	Acceptable
E06	Modérée	Acceptable
E07	Modérée	Acceptable
E08	Modérée	Acceptable
E09	Modérée	Acceptable

Tableau 32 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute d'éléments de l'éolienne

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

II.4 PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

A noter que l'incendie de l'éolienne n'est pas étudié dans l'analyse détaillée des risques. Sont repris seulement la projection d'éléments enflammés en cas d'incendie au niveau du présent chapitre. Ainsi les conclusions du scénario « projection de pales ou de fragments de pales » vaut également pour la projection d'éléments enflammés.

II.4.a ZONE D'EFFET

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

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne²⁰.

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres^{21 22}.

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.

II.4.b INTENSITÉ

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien des Trois Communes du Plateau. Avec Z_I la zone d'impact et Z_E la zone d'effet, les paramètres de calcul sont :

- R est la longueur de pale (rayon du rotor) : $R = 75$ m ;
- LB est la largeur de la base de la pale : $LB = 4,3$ m (largeur maximale) ;
- RE est la zone de 500 m autour d'une éolienne : $RE = 500$ m.

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact ($Z_I = R \times LB/2$)	Zone d'effet du phénomène étudié ($Z_E = \pi \times RE^2$)	Degré d'exposition du phénomène étudié ($d = Z_I/Z_E$)	Intensité
161,3 m ²	785 398,2 m ²	0,021%	Exposition modérée

Tableau 33 : Intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale

II.4.c GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. I.3 Gravité), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments, 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 ».

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est basée sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 modifiée relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. La méthodologie d'évaluation du nombre de personnes exposées a été développée au paragraphe CII Cartographie de synthèse et adaptée à la zone d'effet relative à la projection de pales ou de fragments de pales.

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

²⁰ Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum

²¹ 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

²² Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)						
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)					
	Ensemble homogène	Surface (ha)	Règle de calcul	Enjeux humains (EH)	Enjeux humains totaux	Gravité
E01	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,716	1/10ha	0,272	1,030	Sérieuse
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	75,818	1/100ha	0,758		
E02	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,758	1/10ha	0,276	1,034	Sérieuse
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	75,774	1/100ha	0,758		
E03	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,183	1/10ha	0,118	0,891	Modérée
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,350	1/100ha	0,773		
E04	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,144	1/10ha	0,144	0,915	Modérée
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,771	1/100ha	0,771		
E05	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,195	1/10ha	0,195	0,961	Modérée
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,766	1/100ha	0,766		
E06	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,213	1/10ha	0,213	0,977	Modérée
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,764	1/100ha	0,764		
E07	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,205	1/10ha	0,205	0,970	Modérée
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,765	1/100ha	0,765		
E08	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,792	1/10ha	0,192	0,958	Modérée
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,766	1/100ha	0,766		
E09	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,084	1/10ha	0,084	0,861	Modérée
	terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,777	1/100ha	0,777		

Tableau 34 : Gravité du phénomène de projection de pale ou de fragments de pale

II.4.d 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 ²³	1 x 10 ⁻⁶	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines ²⁴	1, 1 x 10 ⁻³	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en France (1989-2001)
Specification of minimum distances ²⁵	6,1 x 10 ⁻⁴	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

Tableau 35 : Probabilité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit 7,66 x 10⁻⁴ événement par éolienne et par an).

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

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

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

- les dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre ;
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique ;

- utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.).

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

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

II.4.e 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 des Trois Communes du Plateau, 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
E01	Sérieuse	Acceptable
E02	Sérieuse	Acceptable
E03	Modérée	Acceptable
E04	Modérée	Acceptable
E05	Modérée	Acceptable
E06	Modérée	Acceptable
E07	Modérée	Acceptable
E08	Modérée	Acceptable
E09	Modérée	Acceptable

Tableau 36 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de projection de pale ou de fragment de pale

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

²³ Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24

²⁴ Guide for Risk Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005

²⁵ Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgeselschaft, 2004

II.5 PROJECTION DE GLACE

II.5.a 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 référence²⁶ 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 :

$$1,5 \times (105+150) = 382,5 \text{ mètres}$$

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures²⁷. 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.

II.5.b INTENSITÉ

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien des Trois Communes du Plateau. Avec Z_i la zone d'impact et Z_E la zone d'effet, les paramètres de calcul sont :

- SG est la surface du morceau de glace majorant : SG= 1 m²,
- H est la hauteur du moyeu : H = 105 m,
- D est le diamètre du rotor : D = 150 m.

²⁶ Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000

²⁷ Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne)			
Zone d'impact (ZI = SG)	Zone d'effet du phénomène étudié (ZE = $\pi \times (1,5 \times (D+H))^2$)	Degré d'exposition du phénomène étudié (d = ZI/ZE)	Intensité
1 m ²	459 634 m ²	0,0002% <1	Exposition modérée

Tableau 37 : Intensité du phénomène de projection de glace

II.5.c GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. I.3 Gravité), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments, 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 ».

Il a été observé dans la littérature disponible²⁷ 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.

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est basée sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 modifiée relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. La méthodologie d'évaluation du nombre de personnes exposées a été développée au paragraphe CII Cartographie de synthèse et adapté à la zone d'effet relative à la projection de pales ou de fragments de pales.

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), soit 382,5 m						
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)					
	Ensemble homogène	Surface (ha)	Règle de calcul	Enjeux humains (EH)	Enjeux humains totaux	Gravité
E01	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,629	1/10ha	0,163	0,606	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	44,331	1/100ha	0,443		
E02	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,515	1/10ha	0,152	0,596	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	44,446	1/100ha	0,444		
E03	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,925	1/10ha	0,096	0,543	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	45,036	1/100ha	0,450		
E04	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,735	1/10ha	0,074	0,526	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	45,226	1/100ha	0,452		
E05	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,387	1/10ha	0,139	0,584	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	44,573	1/100ha	0,446		
E06	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,562	1/10ha	0,156	0,600	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	44,399	1/100ha	0,444		
E07	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,328	1/10ha	0,133	0,579	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	44,633	1/100ha	0,446		
E08	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,230	1/10ha	0,123	0,570	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	44,731	1/100ha	0,447		
E09	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,419	1/10ha	0,042	0,497	Modérée
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	45,541	1/100ha	0,455		

Tableau 38 : Gravité du phénomène de projection de glace

II.5.d PROBABILITÉ

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

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

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

II.5.e ACCEPTABILITÉ

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc des Trois Communes du Plateau 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
E01	Modérée	OUI	Acceptable
E02	Modérée	OUI	Acceptable
E03	Modérée	OUI	Acceptable
E04	Modérée	OUI	Acceptable
E05	Modérée	OUI	Acceptable
E06	Modérée	OUI	Acceptable
E07	Modérée	OUI	Acceptable
E08	Modérée	OUI	Acceptable
E09	Modérée	OUI	Acceptable

Tableau 39 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de projection de glace

Ainsi, pour le parc éolien des Trois Communes du Plateau, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

III SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

III.1 TABLEAUX 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. Le tableau regroupe les éoliennes qui ont le même profil de risque.

N°	Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
1	Effondrement de l'éolienne	Disque centré sur l'éolienne et dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale soit 180 m	Rapide	Modérée	D (Rare) (pour des éoliennes récentes)	Modérée Pour toutes les éoliennes
2	Chute de glace	Disque centré sur l'éolienne et dont le rayon correspond à la zone de survol des pales soit 75 m	Rapide	Modérée	A (Courant)	Modérée Pour toutes les éoliennes
3	Chute d'élément de l'éolienne	Disque centré sur l'éolienne et dont le rayon correspond à la zone de survol des pales soit 75 m	Rapide	Modérée	C (Improbable)	Modérée Pour toutes les éoliennes
4	Projection d'éléments de l'éolienne	Disque centré sur l'éolienne et dont le rayon est de 500 m	Rapide	Modérée	D (Rare) (pour des éoliennes récentes)	Sérieuse Pour E01 et E02 Modérée pour E03 à E09
5	Projection de glace	Disque centré sur l'éolienne et dont le rayon est égale à 1,5 x (H + 2R) soit 382,5 m	Rapide	Modérée	B (Probable)	Modérée Pour toutes les éoliennes

Tableau 40 : Synthèse des scénarios étudiés

III.2 SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

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

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreuse					
Catastrophique					
Importante					
Sérieuse		N°4 : Projection d'éléments de l'éolienne (E01 et E02)			
Modérée		N°1 : Effondrement de l'éolienne (toutes) N°4 : Projection d'éléments de l'éolienne (E03 à E09)	N°3 : Chute d'élément de l'éolienne (toutes)	N°5 : Projection de glace (toutes)	N°2 : Chute de glace (toutes)

Tableau 41 : Matrice de criticité

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

Tableau 42 : Légende de la matrice de criticité

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

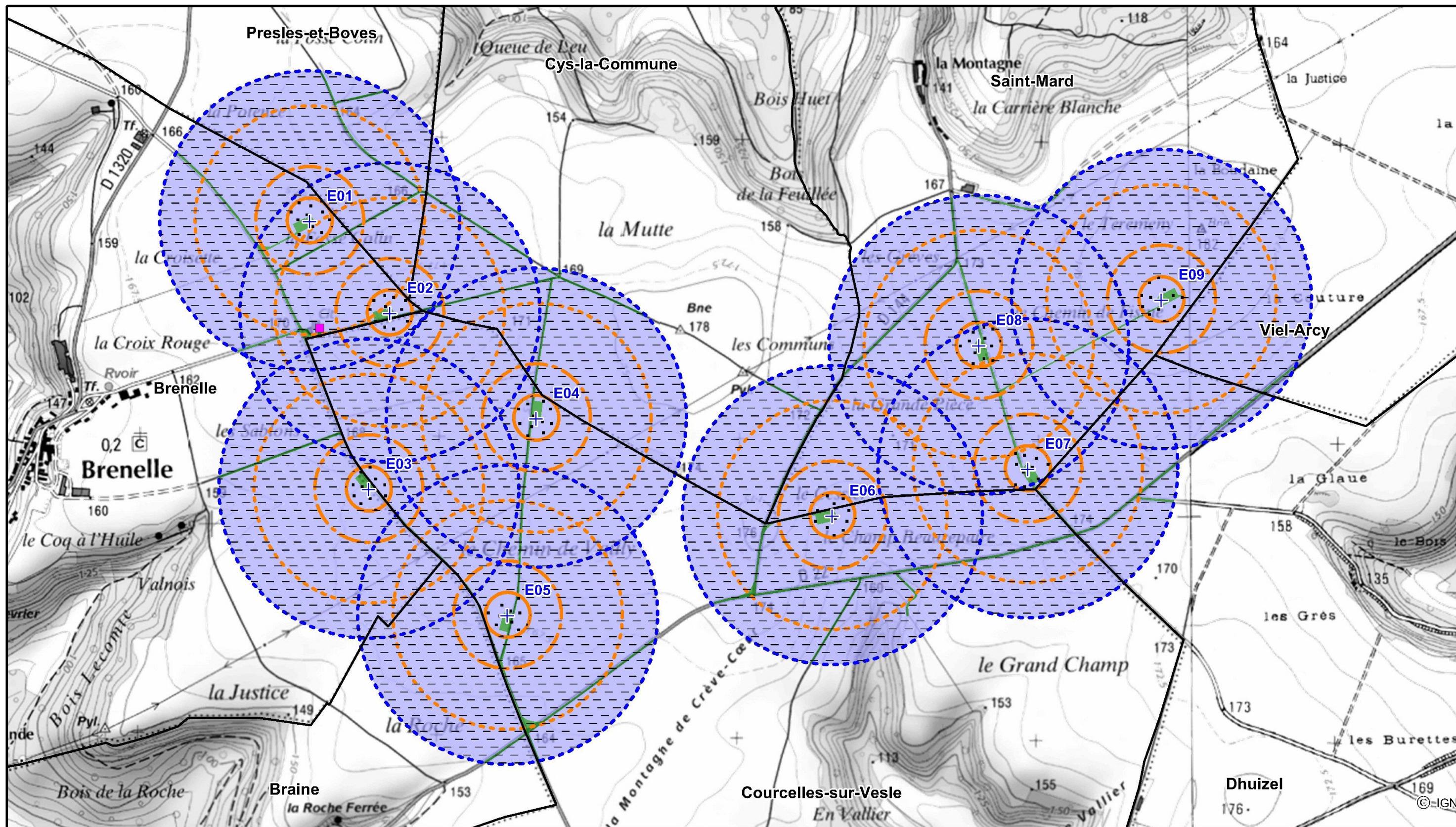
- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice,
- certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie GVI Mise en place des mesures de sécurité, seront mises en place.

L'analyse des risques ne nous conduit à retenir aucun des événements pour une étude détaillée de réduction des risques, puisque aucun des scénarios étudiés n'est jugé inacceptable.

III.3 CARTOGRAPHIE DES RISQUES

La carte de synthèse doit faire apparaître, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse : les enjeux identifiés dans l'étude détaillée des risques, les enjeux relatifs aux différents phénomènes dangereux dans leurs zones d'effet respectif, le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet.

La carte qui suit représente les enjeux humains, les zones d'effet de chacun des scénarios et les zones d'effet pour le **parc éolien des Trois Communes du Plateau**.



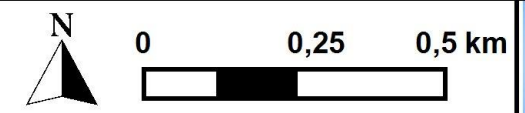
- Commune
- Le projet
- + Eolienne
- Poste de livraison

- Zones d'effets
- Chute de glace / Chute d'élément de l'éolienne
75 mètres des aérogénérateurs
 - Effondrement de l'éolienne
180 mètres des éoliennes
 - Projection de glace
382,5 mètres des éoliennes
 - Projection d'éléments de l'éolienne
500 mètres des aérogénérateurs

- Les enjeux humains
- Terrains non aménagés et très peu fréquentés
 - Terrains aménagés mais peu fréquentés
- Niveau de risque
- Faible
 - Très faible

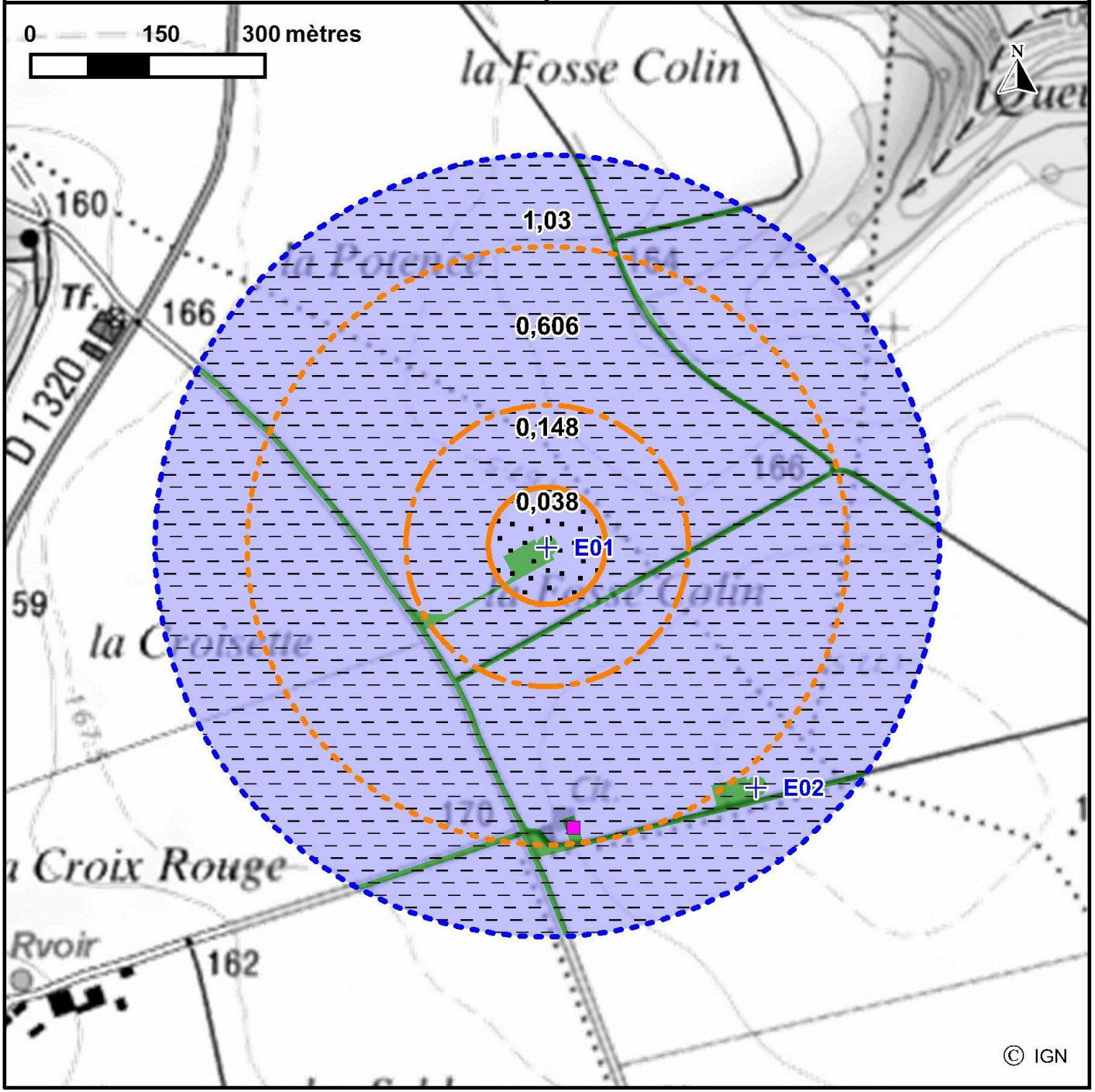
**Projet de parc éolien de Brenelle,
Courcelles, Saint-Mard (02)**

Cartographie des risques

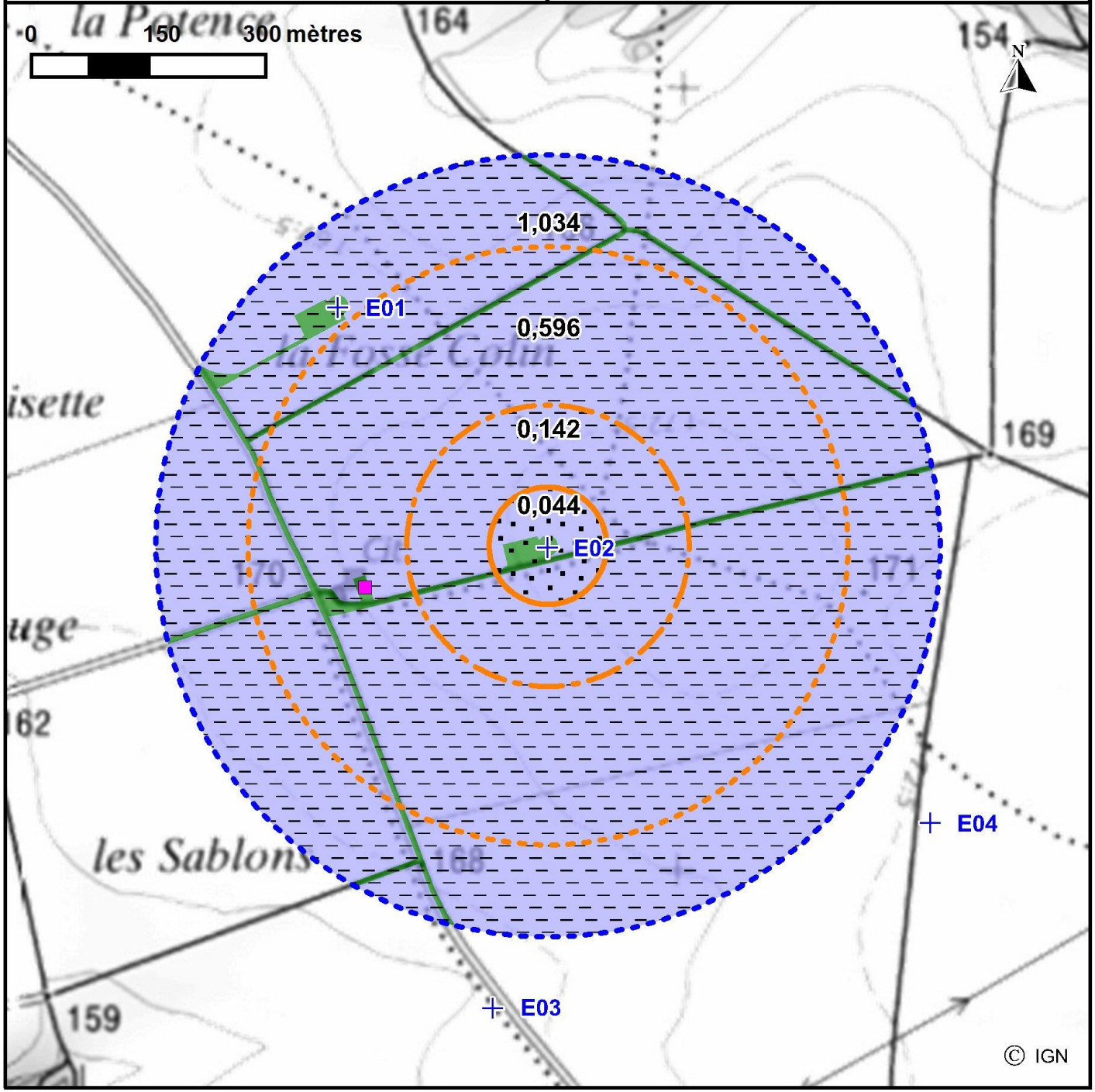


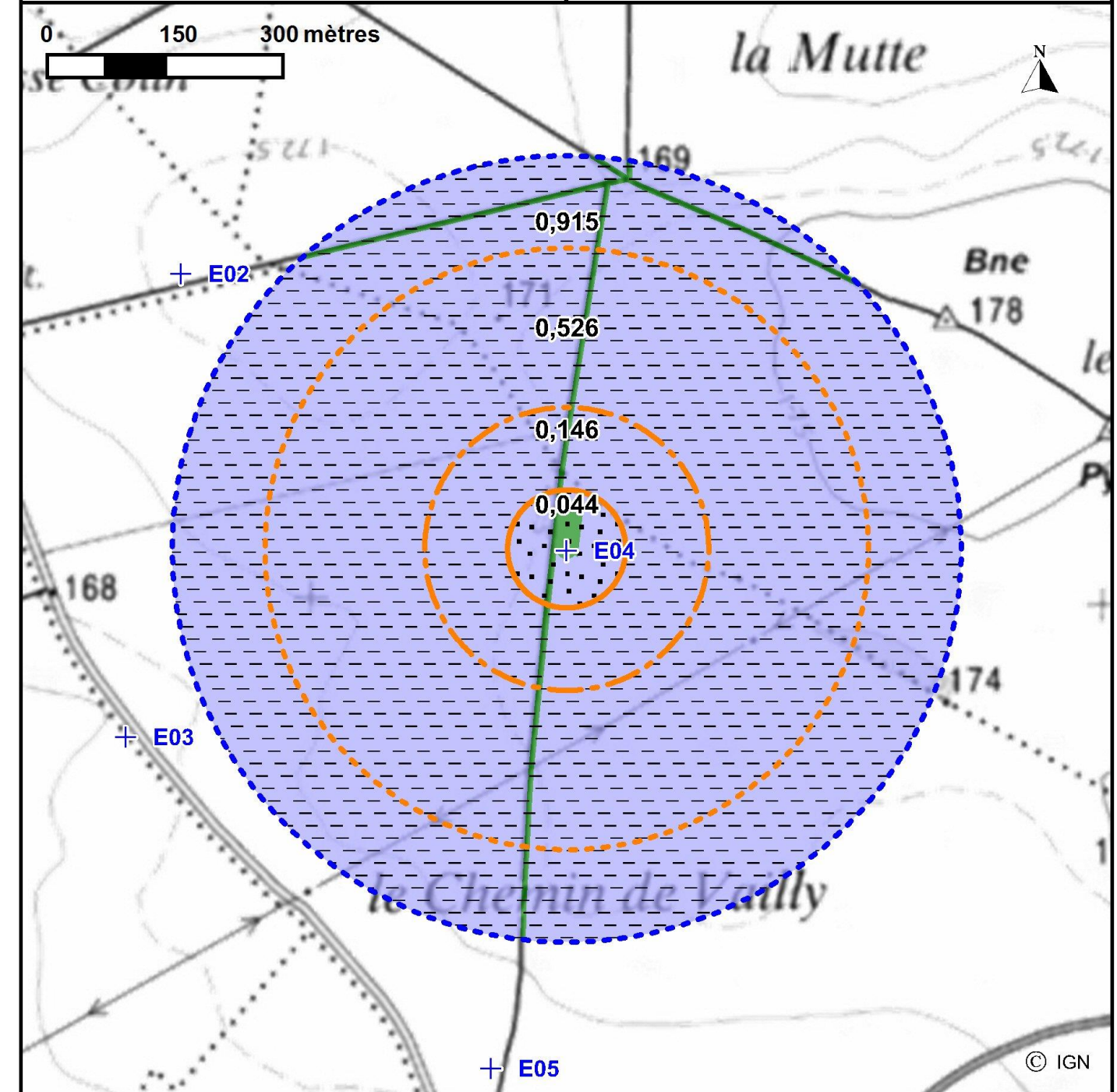
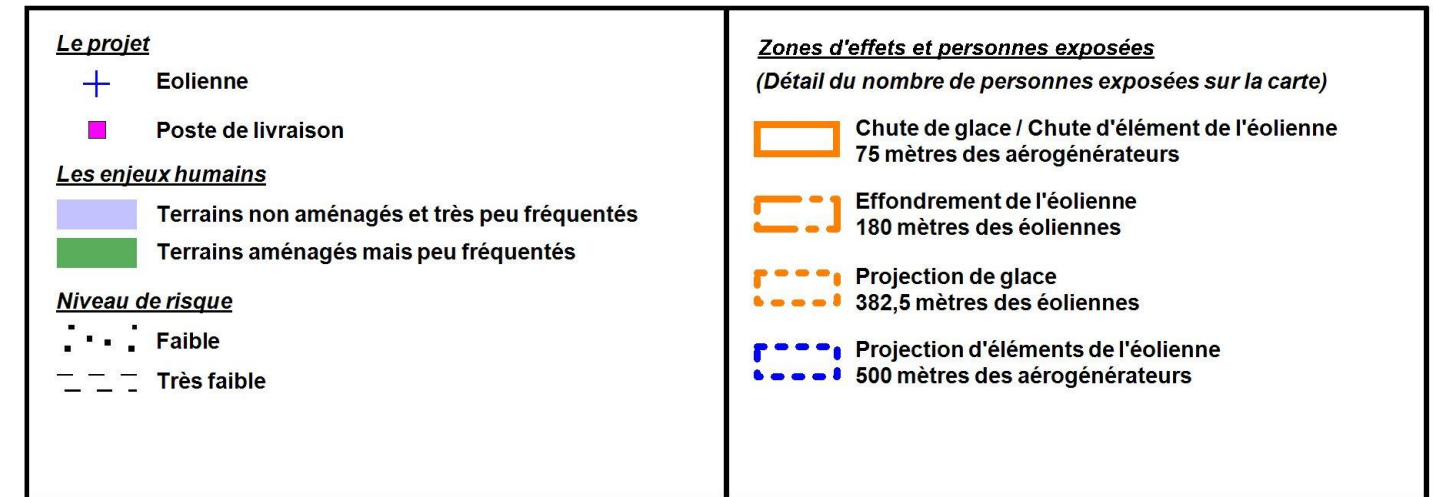
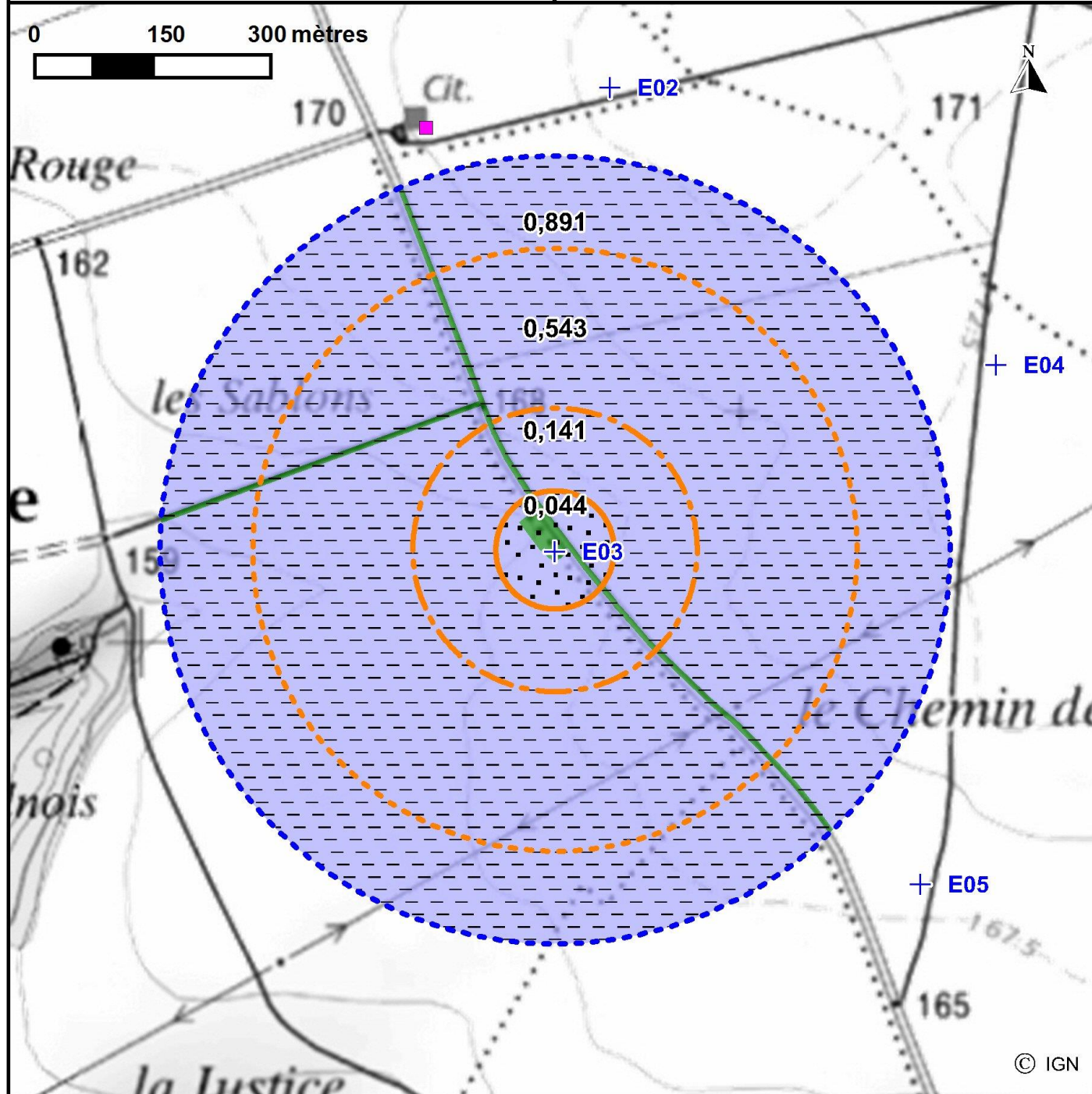
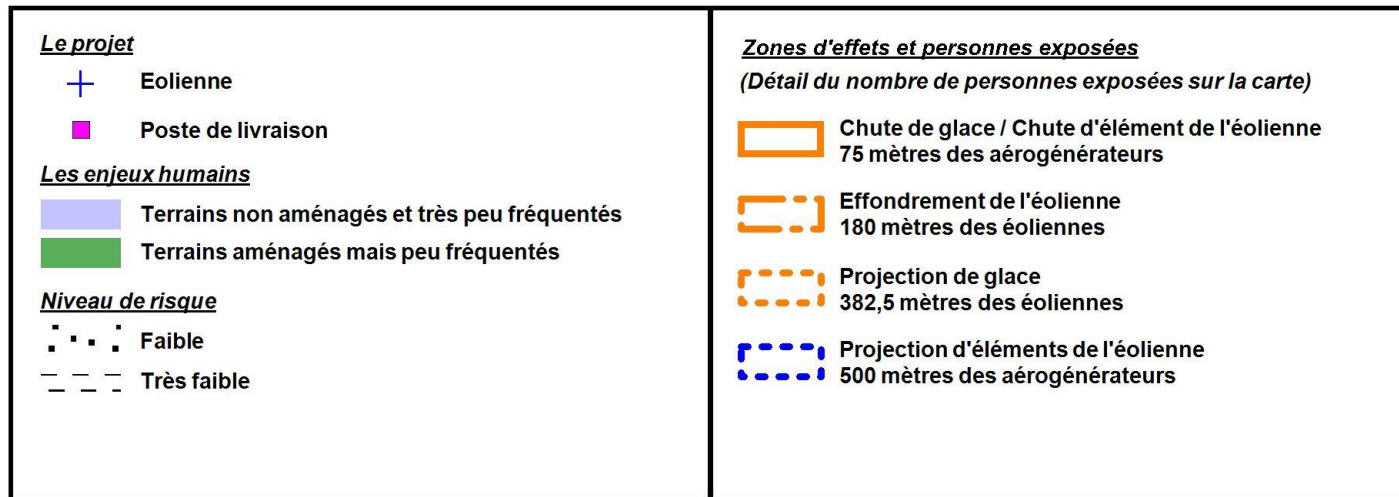
©-IGN

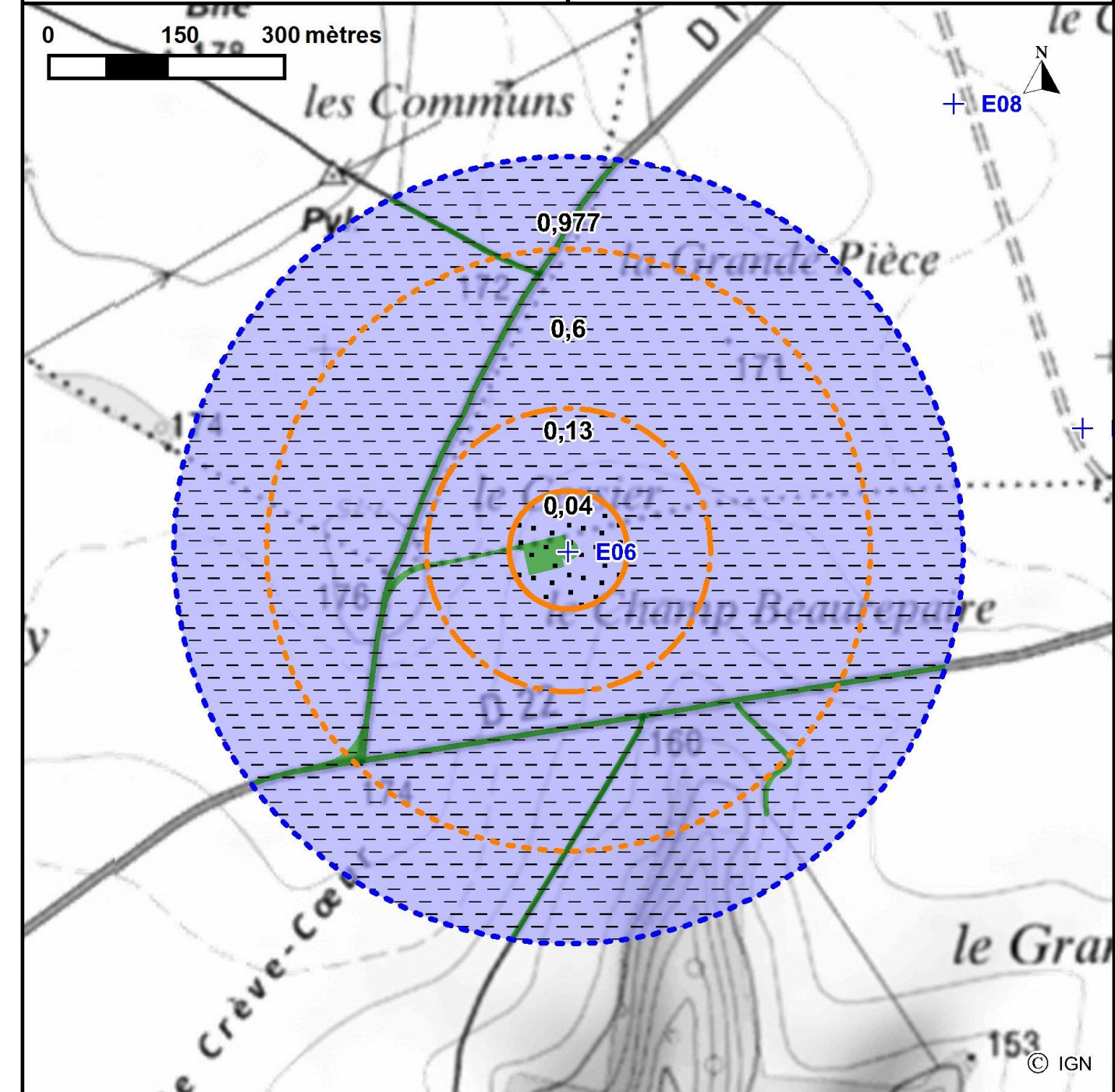
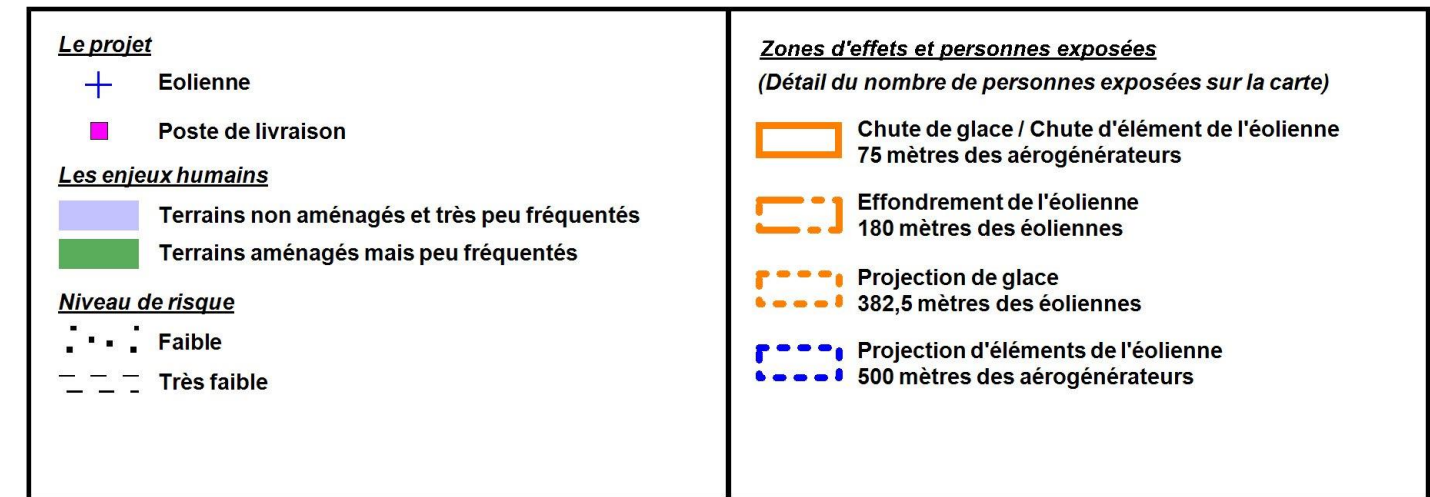
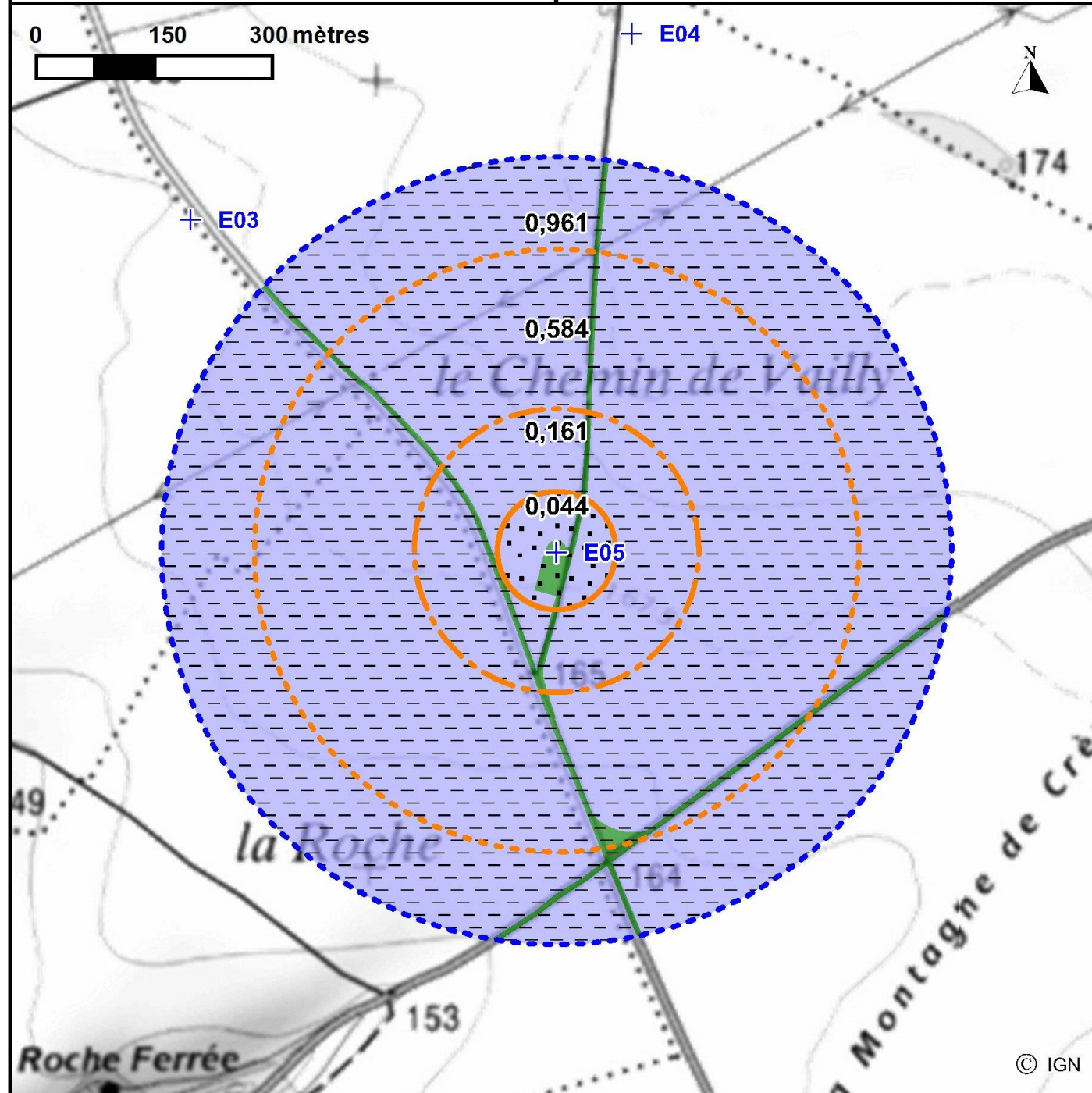
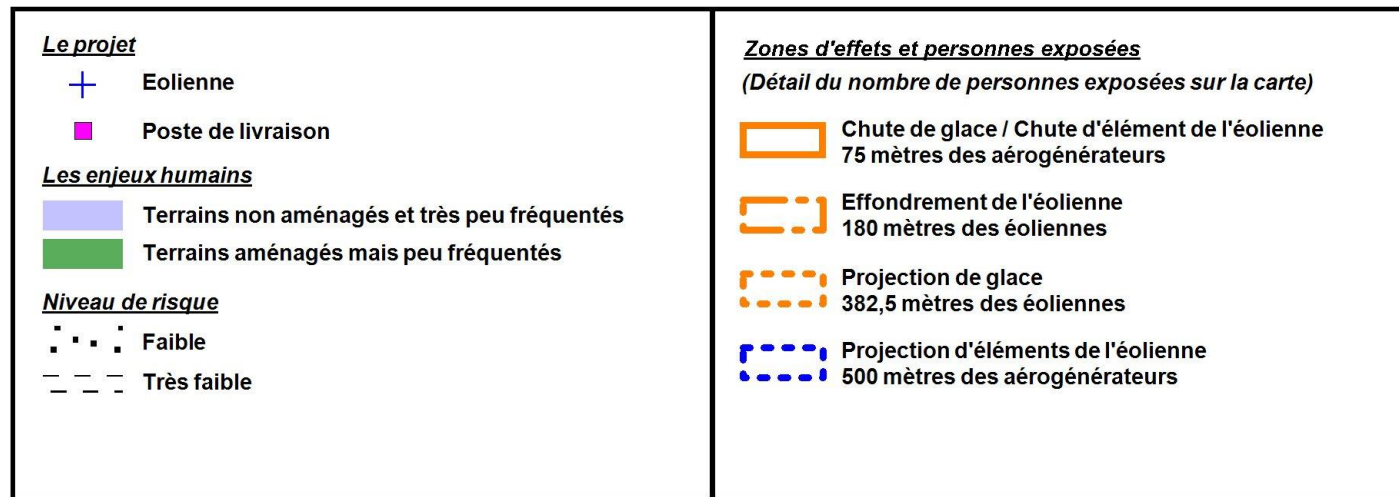
Le projet		Zones d'effets et personnes exposées (Détail du nombre de personnes exposées sur la carte)	
+	Eolienne		Chute de glace / Chute d'élément de l'éolienne 75 mètres des aérogénérateurs
■	Poste de livraison		Effondrement de l'éolienne 180 mètres des éoliennes
Les enjeux humains			Projection de glace 382,5 mètres des éoliennes
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés		Projection d'éléments de l'éolienne 500 mètres des aérogénérateurs
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		
Niveau de risque			
	Faible		
	Très faible		

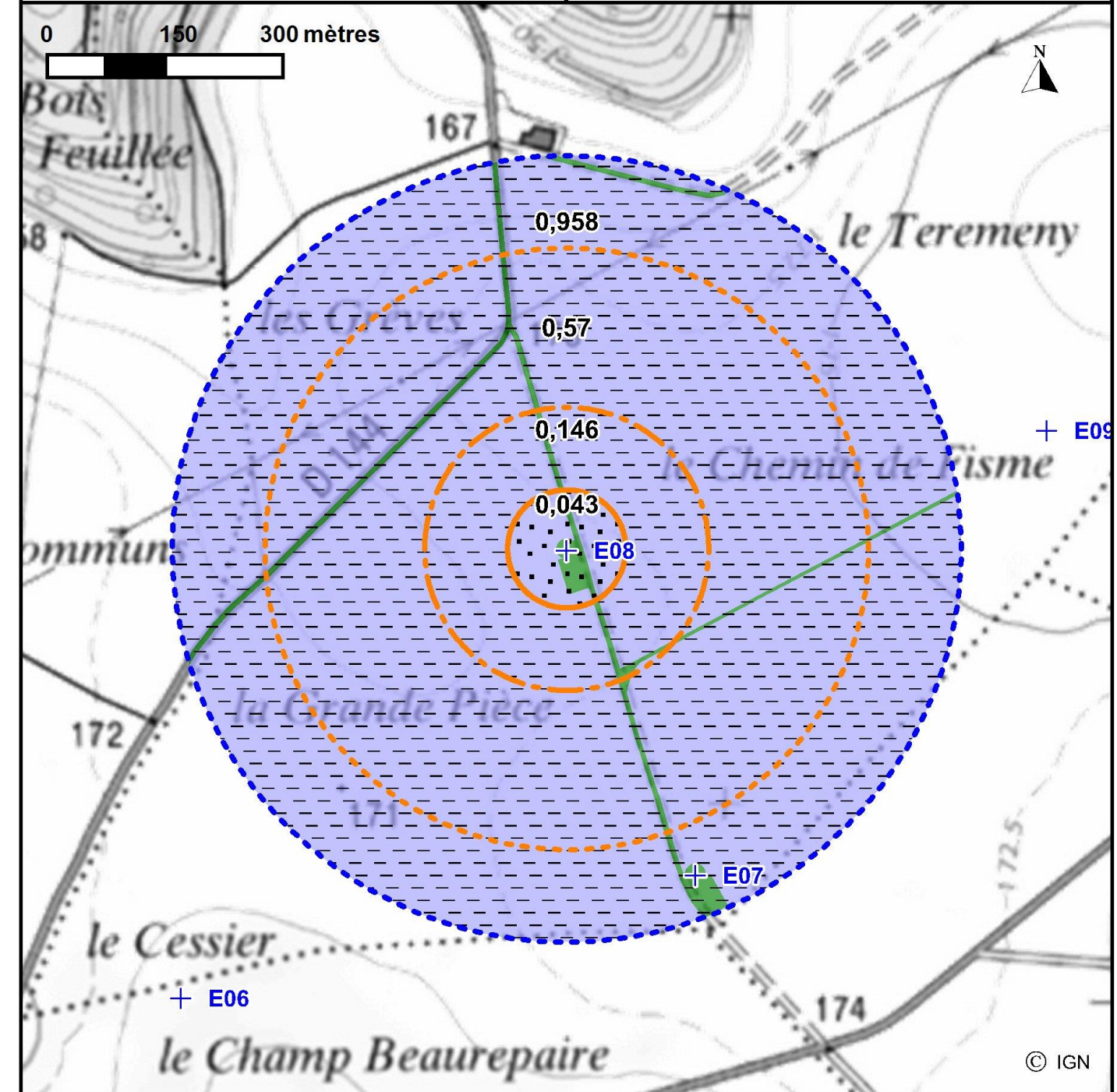
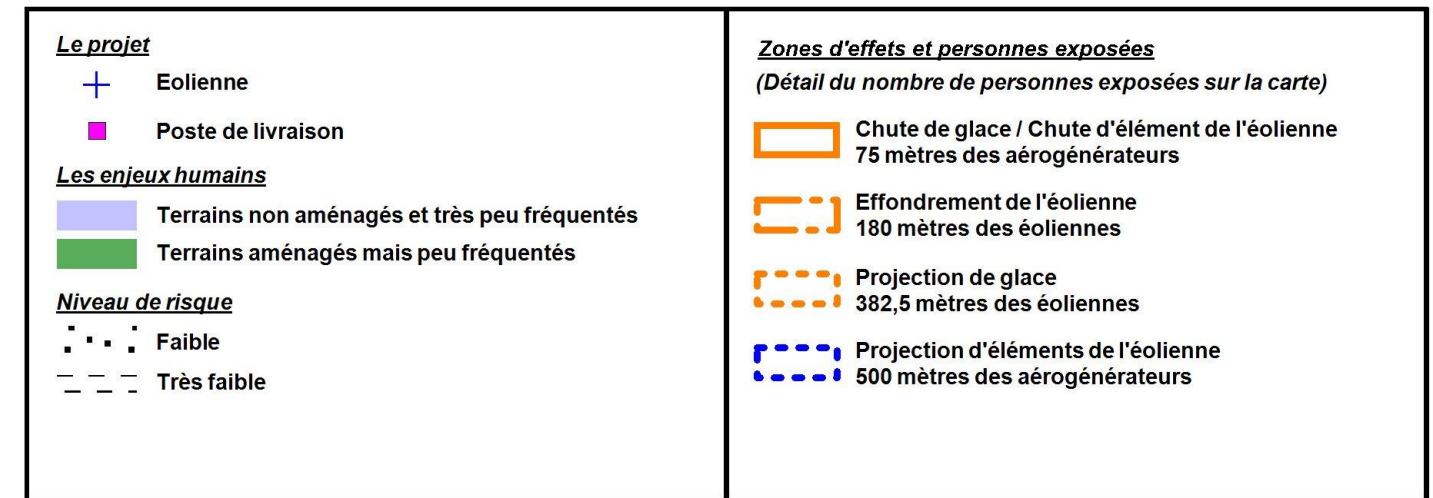
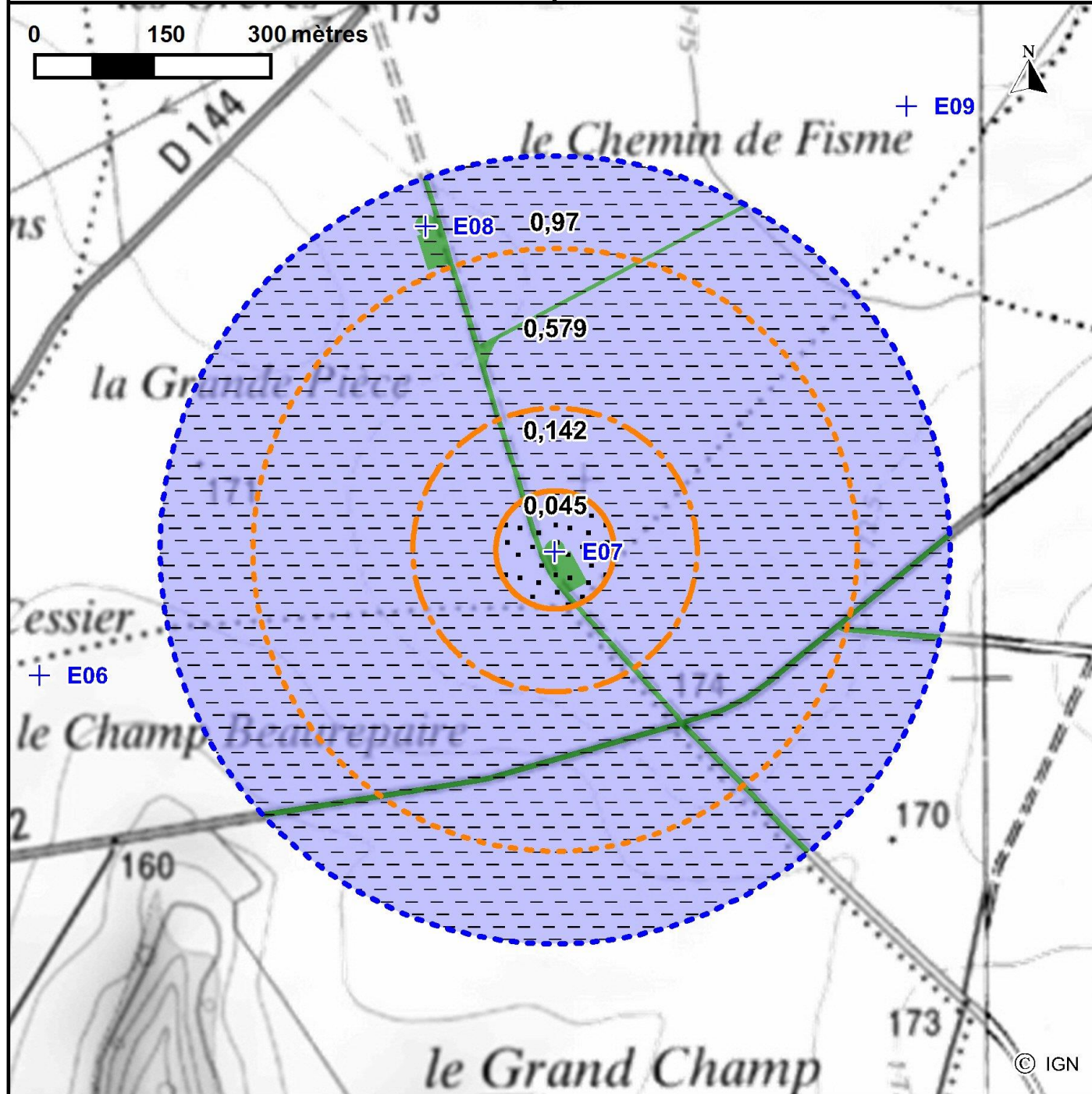
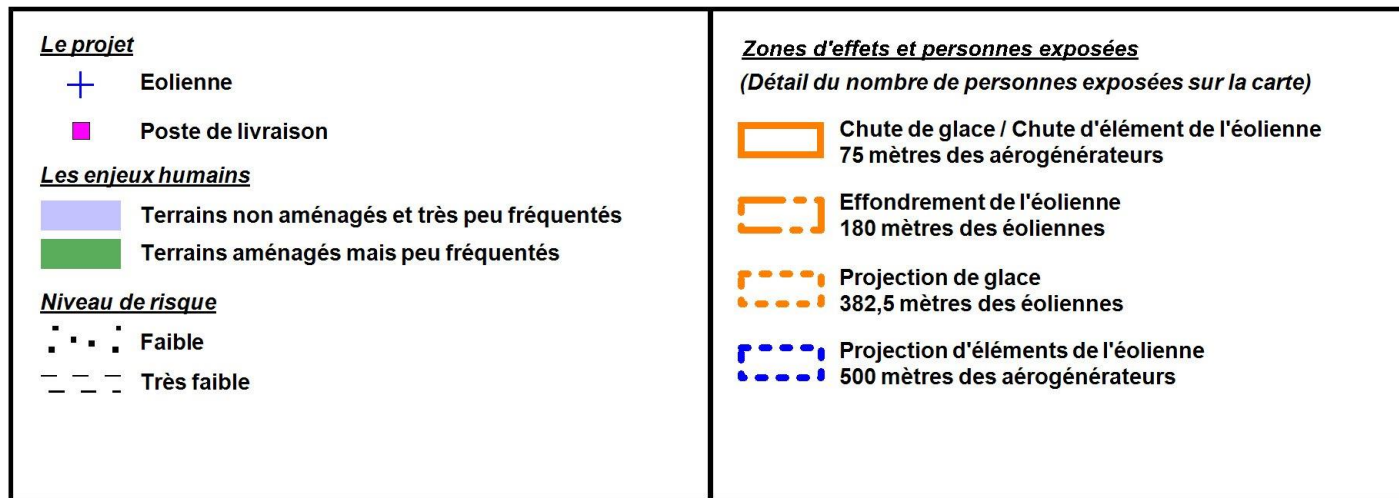


Le projet		Zones d'effets et personnes exposées (Détail du nombre de personnes exposées sur la carte)	
+	Eolienne		Chute de glace / Chute d'élément de l'éolienne 75 mètres des aérogénérateurs
■	Poste de livraison		Effondrement de l'éolienne 180 mètres des éoliennes
Les enjeux humains			Projection de glace 382,5 mètres des éoliennes
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés		Projection d'éléments de l'éolienne 500 mètres des aérogénérateurs
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		
Niveau de risque			
	Faible		
	Très faible		

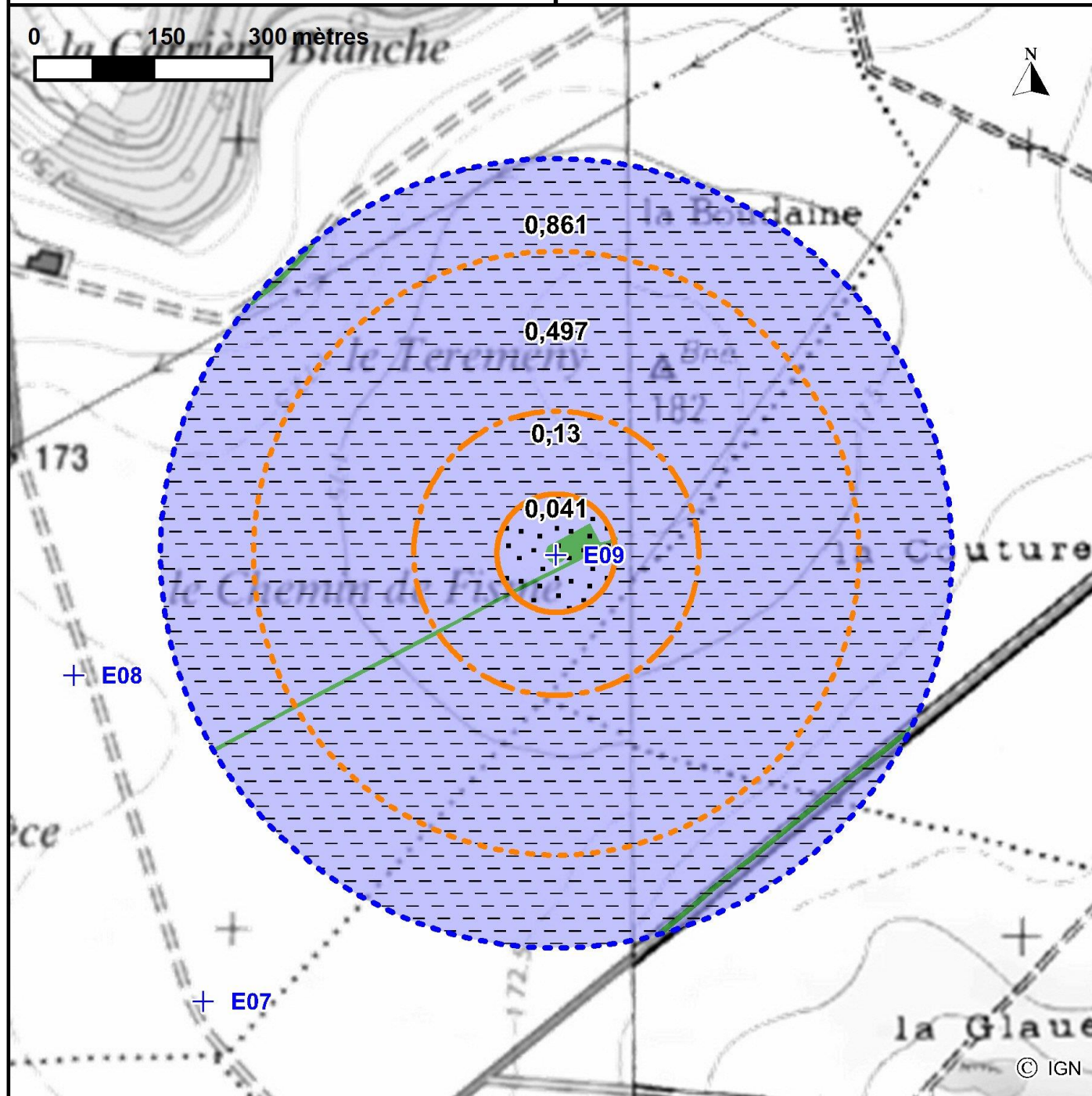








<p>Le projet</p> <ul style="list-style-type: none"> + Eolienne ■ Poste de livraison <p>Les enjeux humains</p> <ul style="list-style-type: none"> Terrains non aménagés et très peu fréquentés Terrains aménagés mais peu fréquentés <p>Niveau de risque</p> <ul style="list-style-type: none"> ⋯ Faible --- Très faible 	<p>Zones d'effets et personnes exposées (Détail du nombre de personnes exposées sur la carte)</p> <ul style="list-style-type: none"> Chute de glace / Chute d'élément de l'éolienne 75 mètres des aérogénérateurs Effondrement de l'éolienne 180 mètres des éoliennes Projection de glace 382,5 mètres des éoliennes Projection d'éléments de l'éolienne 500 mètres des aérogénérateurs
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



I CONCLUSION

D'après l'analyse du retour d'expérience recensant les accidents et les incidents survenus sur les installations éoliennes et l'analyse préliminaire, les risques sont :

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

Chaque accident majeur est caractérisé par son intensité, sa probabilité et sa gravité, dont les conclusions sont rassemblées dans le tableau ci-dessous :

N°	Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
1	Effondrement de l'éolienne	Disque centré sur l'éolienne et dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale soit 180 m	Rapide	Modérée	D (Rare) (pour des éoliennes récentes)	Modérée Pour toutes les éoliennes
2	Chute de glace	Disque centré sur l'éolienne et dont le rayon correspond à la zone de survol des pales soit 75 m	Rapide	Modérée	A (Courant)	Modérée Pour toutes les éoliennes
3	Chute d'élément de l'éolienne	Disque centré sur l'éolienne et dont le rayon correspond à la zone de survol des pales soit 75 m	Rapide	Modérée	C (Improbable)	Modérée Pour toutes les éoliennes
4	Projection d'éléments de l'éolienne	Disque centré sur l'éolienne et dont le rayon est de 500 m	Rapide	Modérée	D (Rare) (pour des éoliennes récentes)	Sérieuse Pour E01 et E02 Modérée pour E03 à E09
5	Projection de glace	Disque centré sur l'éolienne et dont le rayon est égale à $1,5 \times (H + 2R)$ soit 382,5 m	Rapide	Modérée	B (Probable)	Modérée Pour toutes les éoliennes

Le parc éolien des Trois Communes du Plateau respecte l'ensemble des prescriptions réglementaires de l'arrêté ministériel 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 ICPE.

L'ensemble des mesures de prévention et de protection est détaillé dans l'étude de dangers. Les principales mesures préventives intégrées à la structure des éoliennes sont :

- des dispositifs de protection contre la foudre ;
- les systèmes de détection de glace ;
- les systèmes de régulation et de freinage ;
- système de contrôle et de surveillance.

Les éoliennes font l'objet d'une maintenance préventive régulière (tous les 3 mois à 1 an) et corrective par un personnel compétent et spécialisé. La maintenance porte sur le fonctionnement mécanique et électrique ainsi que l'état des composants et des structures de la machine. Une inspection visuelle de la machine et des pales est réalisée lors des maintenances préventives afin de détecter des éventuelles fissures ou défauts.

Ainsi, pour le parc éolien des Trois Communes du Plateau, l'ensemble des accidents majeurs identifiés lors de cette étude de dangers constitue un risque acceptable pour les personnes : aucune étude détaillée de réduction des risques n'est donc nécessaire. Le niveau de prévention et de protection au regard de l'environnement est considéré comme acceptable. En effet, les accidents répertoriés par l'accidentologie ont dès à présent fait l'objet de mesures intégrées dans la structure des éoliennes « nouvelle génération ».

J TABLE DES ILLUSTRATIONS

CARTES

Carte 1 : La zone d'implantation potentielle	10
Carte 2 : Situation de l'installation	13
Carte 3 : Zones urbanisées	15
Carte 4 Les risques naturels	22
Carte 5 : 4 Les voies de communication	24
Carte 6 : Contexte hydrographique et eaux souterraines	27
Carte 7 : Réseaux et servitudes, milieu humain	29
Carte 8 : Cartographie de synthèse	32
Carte 9 : Plan des aménagements	37
Carte 10 : Cartographie de synthèse des risques	88
Carte 11 : Cartographie de synthèse des risques E01	89
Carte 12 : Cartographie de synthèse des risques E02	89
Carte 13 : Cartographie de synthèse des risques E03	90
Carte 14 : Cartographie de synthèse des risques E04	90
Carte 15 : Cartographie de synthèse des risques E05	91
Carte 16 : Cartographie de synthèse des risques E06	91
Carte 17 : Cartographie de synthèse des risques E07	92
Carte 18 : Cartographie de synthèse des risques E08	92
Carte 19 : Cartographie de synthèse des risques E09	93

FIGURES

Figure 1 Typologie climatique du territoire français	17
Figure 2 : Statistiques climatiques de la station météo de Soissons (Source : Météo France, 2019)	18
Figure 3 : Diagramme et tableau climatique de Courcelles-sur-Vesle (Source : climate-data.org)	18
Figure 4 : Gisement éolien de la Picardie	19
Figure 5 : Rose énergétique	19
Figure 6 : Extrait des statistiques en ligne de foudroiement 2008-2017 (source : Météorage) ...	21
Figure 7 : Répartition des orages sur la commune de Courcelles-sur-Vesle 2009-2018 (Source : Météorage)	21
Figure 8 : Les composants d'un parc éolien.....	33
Figure 9 : Les composants d'une éolienne.....	34
Figure 10 : Emprise d'une éolienne (dimension fournies à titre informatifs).....	35

Figure 11 : Nacelle Vestas.....	40
Figure 12 : Présentation et localisation du générateur.....	40
Figure 13 : Vestas Cooler Top™	41
Figure 14 : Vue de côté d'une fondation type d'éolienne	42
Figure 15 : Raccordement électrique des installations	51
Figure 16 : Composition d'une éolienne Vestas V150 (pourcentage en masse)	52
Figure 17: La plateforme supérieure de la tour fait office de bac de rétention de secours.....	55
Figure 18 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et avril 2020	57
Figure 19 : Répartition des évènements accidentels dans le monde entre 2000 et fin mars 2020	58
Figure 20 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011	59
Figure 21 : Répartition des causes premières d'effondrement	59
Figure 22 : Répartition des causes premières de rupture de pale	59
Figure 23 : Répartition des causes premières d'incendie	60
Figure 24 : Evolution du nombre d'incidents annuels et de la capacité éolienne installée	60

TABLEAUX

Tableau 1 : Classement ICPE du parc éolien.....	7
Tableau 2 : Surface de l'aire d'étude par commune	11
Tableau 3 : Coordonnées géographiques des éoliennes.....	12
Tableau 4 : Les ICPE présentes dans un rayon de 6 km	16
Tableau 5 : Catastrophes inventoriées sur les communes accueillant l'aire d'étude (d'après géorisque.fr)	20
Tableau 6 : Eloignement des éoliennes par rapport aux voies de communication les plus proches	25
Tableau 7 : Enjeux humains par éolienne	31
Tableau 8 : Coordonnées des aérogénérateurs et de la structure de livraison.....	36
Tableau 9 : Synthèse du découpage fonctionnel de l'installation	38
Tableau 10 : Caractéristiques du transformateur	42
Tableau 11 : Caractéristiques générales des éoliennes Vestas, source Vestas	43
Tableau 12 : Principales normes de conceptions	44
Tableau 13 : Liste principale des produits utilisés dans les éoliennes de type V150-4.0 MW (Source : Vestas)	50
Tableau 14 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation	54
Tableau 15 : Agressions externes liées aux activités humaines.....	62
Tableau 16 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels	63
Tableau 17 : Analyse préliminaire des risques	65
Tableau 18 : Noms des scénarios exclus	71

Tableau 19 : Intensité et degré d'exposition	73
Tableau 20 : Classe de gravité selon l'intensité du phénomène	73
Tableau 21 : Classe de probabilité	73
Tableau 22 : Intensité du phénomène d'effondrement d'éolienne	74
Tableau 23 : Classe de gravité retenue du scénarii « effondrement de l'éolienne »	75
Tableau 24 : Gravité du phénomène d'effondrement d'éolienne	75
Tableau 25 : Probabilité du phénomène d'effondrement d'éolienne	76
Tableau 26 : Acceptabilité du risque dû au phénomène d'effondrement d'éolienne	76
Tableau 27 : Intensité du phénomène de chute de glace	77
Tableau 28 : Gravité du phénomène de chute de glace	78
Tableau 29 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute de glace	78
Tableau 30 : Intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne	79
Tableau 31 : Gravité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne	79
Tableau 32 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute d'éléments de l'éolienne	80
Tableau 33 : Intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale	81
Tableau 34 : Gravité du phénomène de projection de pale ou de fragments de pale	82
Tableau 35 : Probabilité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale	83
Tableau 36 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de projection de pale ou de fragment de pale	83
Tableau 37 : Intensité du phénomène de projection de glace	85
Tableau 38 : Gravité du phénomène de projection de glace	85
Tableau 39 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de projection de glace	86
Tableau 40 : Synthèse des scénarios étudiés	87
Tableau 41 : Matrice de criticité	87
Tableau 42 : Légende de la matrice de criticité	87

K LES ANNEXES

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

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

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

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

I.1 TERRAINS NON BÂTIS

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

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

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

I.2 VOIES DE CIRCULATION

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

I.2.a 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	

I.2.b 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.

I.2.c VOIES NAVIGABLES

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

I.2.d 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.

I.3 LOGEMENTS

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

I.4 ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

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

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

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

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

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

I.5 ZONES D'ACTIVITÉ

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

ANNEXE 2 : TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et 2012. Ce tableau est complété par la consultation de la Base de données ARIA (février 2020). L'analyse de ces données est présentée dans la partie **Erreur ! Source du renvoi introuvable. Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian – Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-

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	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	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ – Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mât 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)

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	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée – Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival – Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale	?	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-

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	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond – Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-

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	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.	?	Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé	?	Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	04/01/2012	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	-
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Aisne	-	-	-	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	?	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	8,8	1991	Non	Morceau de pale d'environ 15 m, projeté à environ 20 m de la machine. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	?	Interne exploitant	-
Rupture de pale	18/05/2012	Fresnay-l'Evêque	Eure-et-Loire	2	2008	Oui	Chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et rupture du roulement raccordant la pale au hub	Traces de corrosion détectées dans les trous d'alésages traversant une des bagues du roulement reliant pale et hub	Base de données ARIA	-
Effondrement	30/05/2012	Port-La-Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Rafales de vent à 130 km/h	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	01/11/2012	Vieillepesse	15	2,5	2011	oui	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât		Base de données ARIA	
Incendie Rupture de pale	05/11/2012	Sigean	11	0,660	1991	non	Un feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne, par une mise en court-circuit : fonte des câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle et de 80 m ² de garrigue Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravant. Perte d'une pale	Un dysfonctionnement de disjoncteur	Base de données ARIA	Possibilités de suraccident (propagation de l'incendie à la végétation environnante, chute de pale) et des pistes d'amélioration dans la détection et la localisation des incendies d'éoliennes, ainsi que dans la réduction des délais d'intervention
Rupture de pale	6/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	11				Chute d'une pale au pied de l'installation ayant heurté le mât	L'une des pales de cette éolienne avait déjà connu un problème de fixation en novembre 2011	Base de données ARIA	
Incendie Rupture de pales	17/03/2013	Euvy	51		2011	oui	Incendie ayant entraîné la chute d'une pale et une fuite des 450 l d'huile de la boîte de vitesse.	Défaillance électrique ?	Base de données ARIA	

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
Fissure de pale	20/06/2013	Labastide sur Besorgues	07				Pale déchirée Boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison détruits. Installations du réseau électrique et téléphonique endommagées	Impact de foudre de forte intensité	Base de données ARIA	
Maintenance	1/07/2013	Cambon et Salvergues	34				1 blessé	Projection élément sous pression	Base de données ARIA	
Maintenance	3/08/2013	Moréac	56				Perte de 270 l d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice Pollution de 25 t de sol		Base de données ARIA	
Incendie	9/01/2014	Anthény	08	2,5			Nacelle détruite sans perte d'élément		Base de données ARIA	
Rupture de pales	20/01/2014	Sigean	11				Chute d'une pale	Fissures sur la pièce en aluminium située à la base de la pale	Base de données ARIA	Projection de la pale à 20 m du mât, vent de 18 à 22 m/s Inspection des autres éoliennes : 2 éoliennes arrêtées
Rupture de pales	14/11/2014	Saint Cirques en Montagne	07				L'élément principal chute au pied de l'éolienne. Certains débris sont projetés à 150 m	Orage et rafale de vent atteignent les 130 km/h	Base de données ARIA	
Rupture de pales	5/12/2014	Fitou	11				2 parties de l'aérovein de la pale de 3 m de long sont retrouvé à 80 m du mât		Base de données ARIA	Projection d'éléments à 80 m
Incendie	29/01/2015	Rémigny	02				Présence de flammes et de fumée Dommage matériel de 150k€	Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance Eolienne en test	Base de données ARIA	
Incendie	6/02/2015	Lusseray	79				Feu au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens : extinction de l'incendie avec 2 extincteurs		Base de données ARIA	
Incendie	24/08/2015	Santilly	28				Incendie sur le moteur d'une éolienne		Base de données ARIA	
Chute rotor	10/11/2015	Menil-la-Horgne	55				Chute des 3 pales et du rotor et perte de communication	Défaillance de l'arbre lent non-conformité métallurgique constaté ensuite sur d'autres machines	Base de données ARIA	Débris disséminés sur 4 000 m ² Programme de contrôle effectué sur le même type d'éolienne

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	7/02/2016	Conilhac les Corbières	11				Une pale chute au sol (aérofrein ?)	Rupture d'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein, qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein. Les fortes charges présentes sur le rotor, casse du maintien de l'aérofrein à la pale	Base de données ARIA	
Rupture de pale	8/02/2016	Dineault	29	0,3	1999	Non	une pale chute au sol, une autre se déchire	Vents tempétueux de 160 km/h	Base de données ARIA	La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mât
Rupture de pale	7/03/2016	Calanhel	22				Rupture d'une pale Mât endommagé dans sa partie haute	Rupture du système d'orientation	Base de données ARIA	Projection sur 50 m de débris
Fuite d'huile	28/05/2016	Janville	28				Fuite d'huile sous la nacelle	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile	Base de données ARIA	
Incendie	10/08/2016	Hescamps	80				Incendie dans le rotor : maîtrisé par un technicien de maintenance	Une défaillance électrique	Base de données ARIA	
Incendie	18/08/2016	Dargies	60				Incendie dans le rotor. Dégâts dans l'armoire électrique et le pupitre de commande	Une défaillance électrique de l'armoire électrique ou du pupitre de commande serait le point de départ	Base de données ARIA	
Feu	10/08/2016	Dargies	60				De la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne	Défaillance de l'armoire électrique ou du pupitre de commande	Base de données ARIA	
Feu	18/08/2016	Hescamps	80				Un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers	Défaillance électrique à l'origine du départ de feu	Base de données ARIA	
Electrisation	14/09/2016	Les Grandes Chapelles	10				Un employé est électrisé lors d'une intervention dans le nez d'une éolienne : les pompiers évacuent la victime consciente.		Base de données ARIA	
Fissure pale	11/01/2017	Le Quesnoy	59				Une fissure est constatée sur une pale d'une éolienne : installation arrêtée		Base de données ARIA	

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	12/01/2017	Tuchan	11	0,6	2002		Les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. L'éolienne était à l'arrêt (mise en position de sécurité (parallèle au vent et aérofrein des pales activé)) pour maintenance suite à la casse totale de son arbre lent quelques jours auparavant	Des vents à 25 m/s ont provoqué la rupture des pales à cause d'une vitesse, faisant suite à la rupture de l'arbre lent et donc au désaccouplement du rotor.	Base de données ARIA	
Chute pale	18/01/2017	Nurlu	80				Une pale d'éolienne est tombée au sol	La tempête survenue quelques jours auparavant pourrait en être à l'origine	Base de données ARIA	Les 2/3 de la pale sont brisés (armature toujours en place) Les débris sont à moins de 90 m du mât, les plus lourds à moins de 27 m
Rupture de pale	27/02/2017	Trayes	79				Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, le système d'exploitation du parc éolien émet des alarmes portant sur l'éolienne n°4 : mise à l'arrêt de l'éolienne.	Des défauts sont découverts : plan de collage, fissuration, collecteur foudre	Base de données ARIA	Des fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât
Rupture de pale	27/02/2017	Lavallée	55	2	2011	oui	Lors d'un violent orage avec des vents violents, 7 à 10 m de l'extrémité d'une pale est rompue. L'alarme "capteur de vibration" de l'éolienne est endommagée	Une rafale de vent extrême est l'origine privilégiée pour expliquer la casse de la pale	Base de données ARIA	Projection en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne
Feu	6/06/2017	Allonnes	28				Incendie de la nacelle, rotor calciné	Défaut électrique	Base de données ARIA	L'incendie s'éteint seul, des éléments sont tombés au sol, des coulures d'hydrocarbures sont constatés sur le mât
Rupture de pale	8/06/2017	Aussac-Vadalle	16				Durant la nuit lors d'un orage, une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol.	Impact foudre	Base de données ARIA	Débris tombés dans une zone de 50 à 100 m Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut

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
Chute d'une pale d'éolienne	24/06/2017	Conchy-sur-Canche	62				Une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien		Base de données ARIA	Quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m
Fuite d'huile	24/07/2017	Mauron	56	2	2008		Une rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur est à l'origine d'un rejet d'huile hydraulique estimé à 5 l	Vétusté d'un flexible	Base de données ARIA	
Chute d'un aérofrein d'une éolienne	17/07/2017	Fécamp	76	0,9	2006		Le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine	problème de montage ou des vibrations occasionnant le desserrage d'une vis	Base de données ARIA	
Bris d'une pale d'éolienne	5/08/2017	Osières	02	2	2017	Oui	Une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés au pied du mât.			Les débris sont retrouvés au pied du mât
Chute du carénage d'une éolienne	8/11/2017	Roman-Blandey	27	2	2011	Oui	Le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol. Cette pièce, en matériaux composites, mesure 2 m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg	Défaut d'assemblage de ses boulonnages	Base de données ARIA	Procédure de contrôle de l'exploitant modifiée
Rupture de mât, Chute éolienne	1/01/2018	Bouin	85	2,4	2003	oui	Rupture de mât et chute de l'éolienne Défaillance du système d'orientation des pales Blocs de frein du système d'orientation des pales défaillant	Durant une tempête Blocs de frein du système d'orientation des pales non entretenus et erreur d'interprétation ayant conduit à une modification de la procédure d'intervention en cas de défaillance du système d'orientation des pales	Base de données ARIA	Les débris s'éparpillent sur une surface assez importante
Chute bout de pale d'éolienne	4/01/2018	Rampont	55	2	2008	oui	Lors d'un épisode venteux, un morceau de 20 m chute au sol	Vent ?	Base de données ARIA	Les débris les plus éloignés sont ramassés à 200 m
Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne	06/02/2018	Conilhac-Corbières	11	2,3	2014	Oui	Arrêt automatique par freinage aérodynamique suite à un défaut d'électronique de puissance. Lors de l'ouverture de l'aérofrein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute. Incident de même type le 7/02/2016	Casse de l'axe de fixation en carbone	Base de données ARIA	Maintenance et procédure en cas de défaillance

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	10/04/2018	Dio et Valquières	34	1,67	2006		Orage de pluie et de grêle avec un vent violent ayant causé la rupture d'un pale		Média	
Incendie	1/06/2018	Marsanne	26	2		Oui	Sur une éolienne le feu est contenu à la base. Sur la deuxième, le feu se propage à la nacelle et la détruit. La base des pales est brûlée, mais elles restent en place. Les pompiers préservent l'extension éventuelle du sinistre à la végétation.	Criminels	Base de données ARIA	Les pompiers préservent l'extension éventuelle du sinistre à la végétation
Incendie	5/06/2018	Aumelas	34	2			Des éléments de l'éolienne en feu chutent au sol, les flammes se propagent en partie basse de l'aérogénérateur. La nacelle de l'aérogénérateur est presque totalement détruite. 50m ² de végétation ont brûlé	Dysfonctionnement électrique probable	Base de données ARIA	
Rupture de pale	4/07/2018	Port-la-Nouvelle	11				Des éléments ont été projetés à 150 m du mât		Base de données ARIA	
Incendie éolienne	03/08/2018	Izenave	Ain	2.0	2018	Oui	Une éolienne a été endommagée par l'incendie volontaire. Le feu a totalement ravagé une nacelle d'éolienne.	Acte criminel	info	
Incendie éolienne	28/09/2018	Sauveterre	Tarn	2.0	2009	Non	L'accident a provoqué la destruction du rotor d'une éolienne et d'une pale, ainsi que de 4 hectares de broussailles situés au-dessous.	EDF EN communique sur un dysfonctionnement électrique. La piste criminelle est étudiée, une enquête a été lancée.	Info	
Effondrement	06/11/2018	La Mardelle	Loiret	3.0	2010	Oui	Une des éoliennes du parc s'est effondrée. La réhausse en béton n'a pas été touchée.	Défaillance mécanique menant à une rotation trop rapide des pales, ce qui a provoqué une surcharge.	Info	
Incendie éolienne	03/01/2019	La Limouzinière	Loire Atlantique	2.05	2010	Oui	Le moteur de l'éolienne a pris feu. Le feu a endommagé la nacelle.		Info	
Rupture d'une pale	17/01/2019	Bambesch	Moselle	2.0	2007		Bris et projection de morceaux de pales.		Info	
Incendie éolienne	20/01/2019	Roussas	Drôme				Les éoliennes sont lourdement endommagées	Incendies criminels		

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	23/01/2019	Boutavent	Oise	1.0	2011	Oui	Lors d'une coupure de réseau, les pales ne se sont pas mises en drapeau alors que le système de freinage était éteint, entraînant survitesse jusqu'à ce qu'une des pales commence à se délaminer, provoquant un balourd suffisant pour fatiguer le mât au point de finir par le plier en deux	Défaillance menant à une rotation trop rapide des pales, ce qui a provoqué une surcharge	info	
Chute de pale	30/01/2019	Roquetaillade	Aude	0.8	2008	oui	Une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol.		Base de données ARIA	
Chute de pale	30/01/2019	Roquetaillade	Aude	0.8	2008	oui	Une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol.		Info	
Fissuration bague de pale	12/02/2019	Autechaux	Doubs				Une fissuration constatée sur une bague extérieure de roulement de pale d'une éolienne d'un parc : le fabricant inspecte les autres éoliennes du même modèle et a prévu le remplacement des pièces sur les machines défectueuses	Défaut d'alésage	Base de données ARIA	
Foudre	2/04/2019	Equancourt	Oise				Une pale d'éolienne est foudroyée. L'éolienne sera arrêtée, puis la pale démontée et réparée	Impact de foudre	Base de données ARIA	
Électrisation	15/04/2019	Chailly sur Armançon	Côte-d'Or				Électrisation lors de la maintenance d'une éolienne		Base de données ARIA	
Incendie	18/06/2019	Quesnoy-sur-Airaines	Somme				Un feu se déclare sur une. Les équipes de maintenance du site maîtrisent l'incendie et les pompiers alertés	Court-circuit sur un condensateur est à l'origine du sinistre	Base de données ARIA	
Incendie	25/06/2019	Ambon	Morbihan	1,67	2008	Non	Un incendie s'est déclenché dans la nacelle de l'éolienne à la suite d'une opération de maintenance au niveau du tableau électrique.	Un court-circuit s'est produit dans la nacelle.	Base de données ARIA	

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
Chute de pale	27/06/2019	Charly-sur-Marne	Aisne				Chute d'un bout de pale d'une éolienne : l'un est projeté à 15 m de l'éolienne, l'autre à 100 m dans l'enceinte du parc éolien.	Des reprises de peinture et la réparation d'une fissure avaient été réalisées en septembre 2016	Base de données ARIA	
Incendie	25/02/2020	Parc éolien de la Bouleste	Aveyron		2010	oui	Incendie au niveau de la nacelle	inconnue	LaDépêche.fr	

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

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

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

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

I.1 SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIÉS À LA GLACE (G01 ET G02)

I.1.a 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.

I.1.b 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.

I.2 SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 À I07)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.3 SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUITES (F01 À F02)

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

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

1.3.a 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.

1.3.b 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.

I.4 SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE CHUTE D'ÉLÉMENTS (C01 À C03)

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

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

I.5 SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES (P01 À P06)

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

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

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

L'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au paragraphe ci-avant I.2 Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07).

I.5.a 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.

I.5.b 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.

I.5.c 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.

I.6 SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'EFFONDREMENT DES ÉOLIENNES (E01 À E07)

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

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

ANNEXE 4 : PROBABILITÉ D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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 :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

ANNEXE 6 : BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES

- Guide de l'étude d'impact des parcs éoliens (actualisation 2010) du Ministère de l'Ecologie de l'Energie du Développement Durable et de la Mer²⁸
- Guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens » réalisé par l'INERIS (mai 2012).
- L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref. DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005
- Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieuresellschaft, 2004
- Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006
- Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- Alpine test site Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005

²⁸ Corieaulys a participé à la réalisation de ce guide en tant que Chef de Projet

ANNEXE 7 : DESCRIPTIF DES CONTRATS DE MAINTENANCE

Elements	AOM 1000	AOM 2000	AOM 3000	AOM 4000	AOM 5000
Energy based availability threshold	-	-	-	-	●
Time based availability threshold	-	-	-	●	-
Upside Sharing	-	-	-	○	○
Preventive maintenance	●	●	●	●	●
Corrective maintenance	●	●	●	●	●
Work outside normal working hours	●	●	●	●	●
Dispatch outside normal working hours	-	-	●	●	●
Consumables	●	○	●	●	●
Spare parts	●	●	●	●	●
Main components	●	●	●	●	●
O&M documentation update	●	●	●	●	●
Monthly performance reporting	○	○	●	●	●
Vestas Customer Portal	○	○	○	●	●
Operational Performance Dialogue	○	○	○	●	●
VestasOnline® maintenance	○	○	○	●	●
VestasTurbineWatch®	○	○	○	●	●
Turbine control software updates	●	●	●	●	●
Advanced turbine inspection	●	●	●	●	●
Vestas Condition Monitoring	-	○	○	○	●
Vendor Managed Inventory	-	-	○	-	-
Turbine or software upgrades	●	●	●	●	●
Turbine and SCADA training	●	●	●	●	●

● included at a fixed price ○ optional at a fixed price ● event based according to quotation - not an option

Source : Vestas

ANNEXE 8 : LISTE DES SUBSTANCES CHIMIQUES PRESENTES DANS LES EOLIENNES OU UTILISEES LORS DE LA MAINTENANCE

Produit	Nom*	Utilisation	Danger	Quantité
Graisse	Klüber Klüberplex BEM41-141	Lubrification des roulements pour les pales (service)	-	15 kg
Graisse	Klüber Klüberplex AG11-462	Lubrification yaw rim bearing and toothing (service)	-	2 kg
Graisse	Klüber Klüberplex BEM 41-132	Lubrification des roulements du générateur (service)	-	2,4 kg
Graisse	SKF LGWM 1	Lubrification des roulements principaux (service)	-	8 kg
Huile	Texaco Rando WM 32	Huile du système hydraulique (service)	-	250 litres
Huile	Mobilgear SHC XMP 320	Huile du multiplicateur (service)	-	1 170 litres
Huile	Shell Tivela S 320	Huile yaw gears (service)	-	96 litres
Liquide refroidissement	Texaco Havoline XLC +B -40	Transmission et refroidissement hydraulique (service)	Xn	200 litres
Liquide refroidissement	Texaco Havoline XLC +B -40	Refroidissement du générateur et du convertisseur (service)	Xn	400 litres
Huile	WAY LUBRICANT X 68,100,220,320	Oscillation dumper (tour de 119 mètres)	-	-
Peinture	TOPCOAT NGA	Réparation de pales	Xn	-
Huile	ALPHASYN T320	Huile de boîte de vitesse (service)	nc	-
Résine d'époxy	AMPREG 20 SET W/"FAST"HARDENER	Réparation de pales	C, N	-
Résine d'époxy	AMPREG 20 RESIN	Réparation de pales	Xi, N	-
Solvant	Anticorrosif Kaviter	Protection	Xi	-
Colle	ARALDIT 2021 550 ML CARTRIDGE	Colle pour réparation de pales	F, Xi	-
Liquide de frein	Brake cleaning liquid	Nettoyage freins (opération occasionnelle)	F, Xn, N	-
Huile	CASTROL ALPHASYN PG 320 OIL	Huile de boîte de vitesse (service)	-	-
Huile	CASTROL BL 55 ADD ALPHASYN PG	Additif boîte de vitesse (service)	C	-
Huile	CASTROL BL 56 ADD ALPHASYN PG	Additif boîte de vitesse (service)	C	-
Résine d'époxy	SP 8682 REV.2 Resin-High Opacity White	Réparation de pales	Xi	-
Résine d'époxy	SP 7857 ACCELERATOR	Réparation de pales	Xi, F, O	-
Résine d'époxy	SP 7856 HARDENER	Réparation de pales	C	-
Liquide de refroidissement	Havoline XLC 50/50	Liquide de refroidissement (service)	Xn	-
Solvant	DEFROST SPRAY 400ML	Service (vérification sonde température)	nc	-
Solvant	DRY CLEANER 65 SOLVENT	Nettoyage	Xn	-
Solvant	GALVASPRAY	Protection anticorrosion	F+, N	-
Huile	Gear oil castrol tribol 1710	Huile de boîte de vitesse : service lors d'inspection de boîte	nc	-
Graisse	GRAISSE KMS	Graisse de friction pour montage du turner gear	nc	-
Graisse	GREASE NEVER SEEZ RF 250	Graisse de friction pour boulons lors montage/démontage nacelle sur top section, fixation du hub sur nacelle, fixation des pales	N	-
Graisse	GREASE STAMINA	Graissage yaw plate	nc	-
Graisse	GREASE YAW OPTIMOL / OPTPIT (0,400KG)	Service régulier : graissage yaw	Xi	-
Peinture	GREY SPRAY PAINT RAL 7035	Reprise de peinture des armoires	Xi, F+	-
Colle	HARDENER PUR GLUE CANNED (SikaForce7050)	Réparation de pales	Xn	-
Peinture	Hempathane topcoat 55219	Peinture de l'extérieur de la tour	Xn	-
Peinture	Hempel's curing agent 95370	Peinture de l'extérieur de la tour	Xn	-

PROJET DE PARC EOLIEN DES TROIS COMMUNES DU PLATEAU (02) - Etude de dangers

Produit	Nom*	Utilisation	Danger	Quantité
Solvant	LEAK SEARCH SPRAY	Service ; recherche de fuite	nc	-
Solvant	LOCTICTE 7070	Nettoyage : utilisation occasionnelle	N, Xi	-
Colle	LOCTITE 406	Colle opération occasionnelle	Xi	-
Résine	LOCTITE 270 50ML SCREW SECURING	Frein filet lors du serrage des écrous	Xi	-
Graisse	LUBRICANT RTF-MPTFE	Protection antirouille et lubrification : occasionnel	F+	-
Graisse	MOLYKOTE(R) METAL PROTECTOR PLUS SPRAY	Dégrippant	F+	-
Graisse	NEVER SEEZ (spray)	Graisse de friction pour boulons	Xi, F+, N	-
Peinture	Peinture normalisée « RAL »	Reprise de peinture	F+	-
Peinture	PAINT SPRAY WHITE RAL 9010	Reprise de peinture	Xi, F+	-
Mastic	MASTIC DE BORDURAGE	Réparation de pales	F, Xi, N	-
Colle	3M ES-2000 EDGE SEALER partie A	Réparation de pales	Xi	-
Colle	3M ES-2000 EDGE SEALER partie B	Réparation de pales	nc	-
Mastic	MASTIC POLYESTER	Réparation de pales	Xn	-
Mastic	WURTH SUPER PLAST	Réparation de pales	nc	-
	NORDISYNE S 21125 TAIE (Polyester)	Réparation de pales	Xn	-
Solvant	PREVAL SPRAY	Réparation de pales	F+	-
Peinture	HEMPEL's curing agent 98140	Peinture de l'intérieur de la tour	Xn	-
Peinture	HEMPADUR 47149	Peinture de l'intérieur de la tour	Xi	-
Peinture	MOTIP PEINTURE INDUSTRIE SERIE 07000 (TEINTES RAL)	Reprise de peinture	Xi, F+	-
	SHAMPOO HD-180	Nettoyage	C	-
Cire	SPRAY EL-ISOL ELS33	Protection anticorrosion sur tête de boulon	F+, N	-
Peinture	SPRAY PAINT YELLOW RAL 1021	Reprise de peinture des points d'encrage	Xi, F+	-
Peinture	SPRAY ZINC 400ML	Reprise de peinture + anticorrosion	F+	-
Peinture	SPRAY, PAINT, RAL5003, BLUE / Belton	Reprise de peinture	Xi, F+	-
Solvant	TECTYL 127 CGW (ALU.)	Anticorrosion : opération occasionnelle	nc	-
Peinture	Wemaplast Härter 450	Peinture réparation de pales	Xi	-
Peinture	Wemaplast 450-R, verschiedene RAL-Töne	Peinture réparation de pales	Xn	-
Peinture	Wemaplast Verdünnung 450 LT	Peinture réparation de pales	Xn, N	-
Peinture	Wemaplast 405V	Peinture réparation de pales	nc	-
Peinture	Wemaplast Härter 405-VS	Peinture réparation de pales	Xi	-
Peinture	Wemaplast Verdünnung	Peinture réparation de pales	Xn	-
Peinture	Mankiewicz Paint R7035	Peinture réparation de pales	Xi	-
Peinture	Hardener for Mankiewicz	Peinture réparation de pales	Xi	-
Graisse	Wurth: nettoyant industriel	Dégrippant	Xi, F, N	-
Graisse	MOLYCOTE® OMNIGLISS SPRAY	Graissage par aérosol	F+	-

* Susceptible d'être légèrement différent, à vérifier par l'exploitant.

Xn : nocif	Xi : irritant	C : corrosif	O : comburant	F : facilement inflammable	F+ : extrêmement inflammable	N : dangereux pour l'environnement
------------	---------------	--------------	---------------	----------------------------	------------------------------	------------------------------------

ANNEXE 9 : PRINCIPALES OPERATIONS DE MAINTENANCE LORS DE L'INSPECTION DES 3 MOIS

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.
Arbre principal	Vérification des boulons fixant l'arbre principal et le moyeu* Inspection visuelle des joints d'étanchéité Vérification des bruits anormaux et des vibrations Vérification du fonctionnement du système de lubrification Vérification des dommages au niveau des boulons de blocage du rotor
Système d'orientation de la nacelle (Yaw system)	Vérification des boulons fixant le haut du palier d'orientation et la tour* Vérification des bruits anormaux Vérification du système de lubrification
Tour	Vérification de l'état du béton à l'intérieur et à l'extérieur de la tour Vérification des boulons entre la partie fondation et la tour, entre les sections de la tour et sur l'échelle* Vérification des brides et des cordons de soudure Vérification des plateformes Vérification du câble principal Inspection visuelle du mât
Bras de couple	Vérification boulons Vérification et serrage de la connexion à la terre
Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	Vérification des boulons du cylindre principal et du bras de manivelle Vérification des boulons de l'arbre terminal et des roulements

Multiplicateur	Changement d'huile et nettoyage du multiplicateur si nécessaire Vérification du niveau sonore lors du fonctionnement du multiplicateur Vérification des joints, de l'absence de fuite, etc... Vérification d'absence de fuites au niveau des points de lubrification Vérification des capteurs de débris
Huile du multiplicateur	Vérification du niveau d'huile Vérification des composants du bloc hydraulique et des pompes
Système de freinage	Vérification des étriers, des disques et des plaquettes de freins Inspection des entrées et des sorties de tuyaux
Générateur	Vérification des câbles électriques dans le générateur Vérification des fuites de liquides de refroidissement et de graisse Lubrification des roulements
Système de refroidissement par eau	Vérification du fonctionnement des pompes à eau Vérifications des tubes et des tuyaux Vérification du niveau de liquide de refroidissement
Vestas Cooler Top™	Vérification boulons
Système hydraulique	Vérification d'absence de fuites dans la nacelle, l'arbre principal et les pompes
Onduleur	Vérification du fonctionnement de l'onduleur.
Capteur de vent et balisage aérien	Vérification du bon fonctionnement du balisage aérien et inspection visuelle du capteur de vitesse de vent.
Nacelle	Vérification boulons Vérification d'absence de fissures autour des raccords Vérification des points d'ancrage et des fissures autour de ceux-ci
Extérieur	Vérification de la protection de surface Nettoyage des têtes de boulons et d'écrous, des raccords, etc..
Transformateur	Inspection mécanique et électrique du transformateur
Sécurité générale	Inspection des câbles électriques Inspection du système de mise à la terre

*Ces vérifications sont effectuées au bout de trois mois, puis d'un an de fonctionnement, puis tous les trois ans, conformément à l'arrêté du 26 août 2011.

Ces 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 dans le tableau suivant.

ANNEXE 10 : OPERATIONS DE MAINTENANCE SUPPLEMENTAIRES LORS DES INSPECTIONS ANNUELLES

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-foudres 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
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'élèveur de personnes
Système de détection d'arc électrique	Test du capteur de détection d'arc électrique du jeu de barres et dans la salle du transformateur
Système d'orientation nacelle (Yaw System)	Lubrification de la Couronne d'orientation Vérification du niveau d'huile des motoréducteurs, et remplissage si besoin Changement de l'huile des motoréducteurs tous les 10 ans Vérification et ajustement du couple de freinage
Armoire de contrôle en pied de tour	Test des batteries Remplacement des batteries de secours tous les 5 ans Remplacement des radiateurs en cas de défaillance
Sécurité générale	Test des boutons d'arrêt d'urgence Test d'arrêt en cas de survitesse Vérification des équipements de sauvetage Vérification de la date d'inspection des extincteurs Test des détecteurs de fumée (si installés) Vérification du système antichute

Enfin, **une maintenance curative** pour l'éolienne est prévue dès lors qu'un défaut a été identifié lors d'une analyse ou dès qu'un incident (foudroiement) a endommagé l'éolienne. Les techniciens de maintenance éolienne se chargent alors de réparer et de remettre en fonctionnement les machines lors des pannes et assurent les reconnections aux réseaux.