

6-1

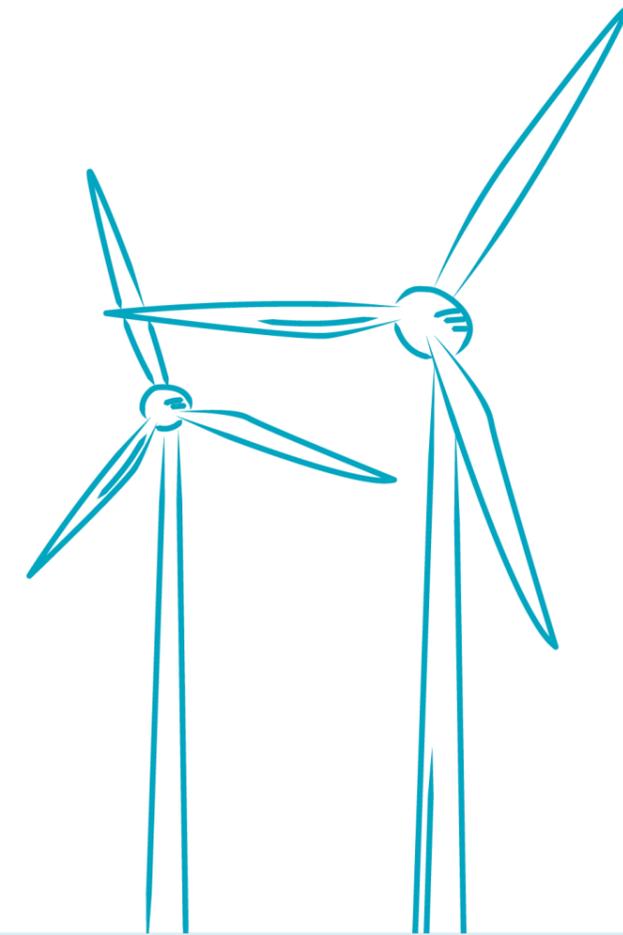


Pièce 6-1

Etude de dangers

Eoliennes de Marguerite

Extension du parc éolien Seine Rive Gauche Sud



COMMUNES DE PAYNS ET SAVIERES

DÉPARTEMENT DE L'AUBE

FEVRIER 2022



H2air
29, rue des Trois Cailloux
80000 Amiens
www.h2air.fr



Date	Version	Rédacteurs	Relecture
septembre 2020	V1	Marie-Laure Wasier Régis Bichon	
Octobre 2020	VF	Marie-Laure Wasier	
Février 2022	V2	Marie-Laure Wasier	

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 GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION	8			
I	Renseignements administratifs.....	8			
I.1	Présentation de la société d'exploitation.....	8			
I.2	Présentation de l'opérateur : H2air.....	8			
II	Localisation du site.....	9			
III	Définition de l'aire d'étude.....	9			
C	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	12			
I	Environnement humain	12			
I.1	Zones urbanisées.....	12			
I.2	Etablissements recevant du public (ERP)	12			
I.3	Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base.....	14			
I.4	Autres activités.....	14			
II	Environnement naturel.....	15			
II.1	Contexte climatique	15			
II.1.a	Climat, températures et précipitations.....	15			
II.1.b	Contexte aérologique : le vent.....	16			
II.1.c	Risques naturels	18			
II.1.d	Sismicité	18			
II.1.e	Mouvements de terrain, Cavités.....	18			
II.1.f	Aléa retrait-gonflement des argiles	18			
II.1.g	Foudre	18			
II.1.h	Tempêtes	19			
II.1.i	Inondations	19			
II.1.j	Risque Incendie « feux de forêts ».....	19			
III	Environnement matériel.....	21			
III.1	Voies de communication.....	21			
III.1.a	Transport routier.....	21			
III.1.b	Transport ferroviaire.....	22			
III.1.c	Transport fluvial	22			
III.1.d	Transport aérien.....	22			
III.2	Réseaux publics et privés	22			
III.2.a	Transport d'électricité.....	22			
III.2.b	Canalisations de transport	22			
III.2.c	Réseaux d'assainissement.....	22			
III.2.d	Réseaux d'alimentation en eau potable	22			
	III.2.e	Radars	22		
	III.2.f	Réseaux de télécommunication.....	22		
	III.3	Autres ouvrages publics	22		
IV	Cartographie de synthèse	24			
D	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	27			
I	Caractéristiques de l'installation	27			
I.1	Caractéristiques générales d'un parc éolien	27			
I.1.a	Éléments constitutifs d'un aérogénérateur	28			
I.1.b	Emprise au sol	29			
I.1.c	Chemins d'accès.....	29			
I.2	Activité de l'installation.....	29			
I.3	Composition de l'installation.....	29			
II	Fonctionnement de l'installation.....	32			
II.1	Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur	32			
II.2	Éléments constitutifs d'un aérogénérateur	32			
II.2.a	Découpage fonctionnel.....	32			
II.3	Sécurité de l'installation.....	36			
II.3.a	Règles de conception et système qualité	36			
II.3.b	Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel.....	38			
II.3.c	Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes.....	39			
II.3.d	Méthodes et moyens d'intervention	40			
II.3.e	Accès sur le site.....	40			
II.4	Opérations de maintenance de l'installation	41			
II.4.a	Essai et mise en service.....	41			
II.4.b	Maintenance prédictive	41			
II.5	Stockage et flux de produits dangereux.....	41			
III	Fonctionnement des réseaux de l'installation.....	43			
III.1	Raccordement électrique.....	43			
III.1.a	Dans l'éolienne	43			
III.1.b	Réseau inter-éolien	43			
III.1.c	Poste de livraison.....	43			
III.1.d	Réseau électrique externe	43			
III.2	Autres réseaux	43			
E	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	44			
I	Potentils de dangers liés aux produits	44			
II	Potentils de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	46			
III	Réduction des potentiels de dangers à la source.....	46			
III.1	Principales actions préventives.....	46			
III.1.a	Réduction des dangers liés aux produits	46			
III.1.b	Réduction des dangers liés aux installations	47			

III.2	Utilisation des meilleures techniques disponibles	48	II.2.e	Probabilité.....	70
F	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE.....	49	II.2.f	Acceptabilité	70
I	Inventaires des accidents et incidents en France	49	II.3	Chute d'éléments de l'éolienne	71
II	Inventaires des accidents et incidents à l'international.....	50	II.3.a	Zone d'effet.....	71
III	Inventaires des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant.....	52	II.3.b	Intensité.....	71
IV	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	52	II.3.c	Gravité	71
IV.1	Analyse de l'évolution des accidents en France.....	52	II.3.d	Probabilité.....	72
IV.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	53	II.3.e	Acceptabilité	72
V	Limites d'utilisation de l'accidentologie	53	II.4	Projection de pales ou de fragments de pales	73
G	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	54	II.4.a	Zone d'effet.....	73
I	Objectif de l'analyse préliminaire des risques.....	54	II.4.b	Intensité.....	73
II	Recensement des évènements initiateurs exclus de l'analyse des risques	54	II.4.c	Gravité	73
III	Recensement des agressions externes potentielles	54	II.4.d	Probabilité.....	74
III.1	Agression externes liées aux activités humaines	54	II.4.e	Acceptabilité	75
III.2	Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	55	II.5	Projection de glace	75
IV	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques.....	55	II.5.a	Zone d'effet.....	75
V	Effets dominos	58	II.5.b	Intensité	75
VI	Mise en place des mesures de sécurité.....	58	II.5.c	Gravité	76
VI.1	Organisation humaine.....	63	II.5.d	Probabilité.....	77
VI.2	Surveillance et intervention	63	II.5.e	Acceptabilité	77
VI.3	Prestataires	63	III	Synthèse de l'étude détaillée des risques	78
VII	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	63	III.1	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	78
H	ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	64	III.2	Synthèse de l'acceptabilité des risques	78
I	Rappel des définitions	64	III.3	Cartographie des risques	79
I.1	Cinétique	64	I	CONCLUSION.....	84
I.2	Intensité.....	64	J	TABLE DES ILLUSTRATIONS	85
I.3	Gravité.....	65	K	LES ANNEXES.....	87
I.4	Probabilité	65	ANNEXE 1 :	MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ	
II	Caractérisation des scénarios retenus	66	POTENTIELLE D'UN ACCIDENT À PROXIMITÉ D'UNE ÉOLIENNE	87	
II.1	Effondrement de l'éolienne.....	66	I.1	Terrains non bâtis.....	87
II.1.a	Zone d'effet.....	66	I.2	Voies de circulation	87
II.1.b	Intensité	66	I.2.a	Voies de circulation automobiles.....	87
II.1.c	Gravité.....	67	I.2.b	Voies ferroviaires	87
II.1.d	Probabilité.....	68	I.2.c	Voies navigables.....	87
II.1.e	Acceptabilité	68	I.2.d	Chemins et voies piétonnes	87
II.2	Chute de glace	69	I.3	Logements	88
II.2.a	Considérations générales.....	69	I.4	Etablissements recevant du public (ERP)	88
II.2.b	Zone d'effet.....	69	I.5	Zones d'activité	88
II.2.c	Intensité	69	ANNEXE 2 :	TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE	89
II.2.d	Gravité.....	69	ANNEXE 3 :	SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES	104
			I.1	Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02).....	104
			I.1.a	Scénario G01	104
			I.1.b	Scénario G02	104
			I.2	Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)	104
			I.3	Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)	105

I.3.a	Scénario F01	105
I.3.b	Scénario F02	105
I.4	Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)	106
I.5	Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)	106
I.5.a	Scénario P01	106
I.5.b	Scénario P02	106
I.5.c	Scénarios P03	106
I.6	Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E07)	106
ANNEXE 4 :	PROBABILITÉ D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL	107
ANNEXE 5 :	GLOSSAIRE	108
ANNEXE 6 :	BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES	111
ANNEXE 7 :	DESRIPTIF DES CONTRATS DE MAINTENANCE	112
ANNEXE 8 :	LISTE DES SUBSTANCES CHIMIQUES PRESENTES DANS LES EOLIENNES OU UTILISEES LORS DE LA MAINTENANCE	113
ANNEXE 9 :	PRINCIPALES OPERATIONS DE MAINTENANCE LORS DE L'INSPECTION DES 3 MOIS	115
ANNEXE 10 :	OPERATIONS DE MAINTENANCE SUPPLEMENTAIRES LORS DES INSPECTIONS ANNUELLES	116

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 H2air pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques des éoliennes de Marguerite, 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 de Marguerite. 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 les éoliennes de Marguerite, 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

Les éoliennes de Marguerite comprennent 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 des éoliennes de Marguerite.

B INFORMATION GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION

I RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Afin d'assurer l'exploitation du parc éolien situé sur les communes de Savières et de Payns, la société de développement H2air a créé la société SAS « EOLIENNES DE MARGUERITE ». Son objet est l'exploitation d'éoliennes et la vente d'électricité.

I.1 PRÉSENTATION DE LA SOCIÉTÉ D'EXPLOITATION

Le pétitionnaire est la société SAS « EOLIENNES DE MARGUERITE », propriété de H2air.

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 H2air au nom et pour le compte du pétitionnaire.

Cette étude a été réalisée pour le compte de la société H2air par Corieaulys.

L'étude de dangers est présentée par :

Demandeur	EOLIENNES DE MARGUERITE
Forme juridique	Société par actions simplifiée (SAS)
Capital	1,00 €
Effectif	0
Siège social	29 rue des 3 cailloux 80000 AMIENS
Téléphone	04 34 26 61 67
N° Registre du commerce et des sociétés	533 142 758
N° SIRET	533 142 758 00028
Code APE	3511Z / Production d'électricité

I.2 PRÉSENTATION DE L'OPERATEUR : H2AIR

Le groupe H2air est un acteur reconnu au sein de la filière des énergies renouvelables, des agences à Amiens, Nancy, Tours, Aix-en-Provence et un établissement secondaire à Berlin.



Fondé à Amiens en 2008 par une équipe passionnée, H2air est un producteur d'électricité renouvelable indépendant qui s'appuie sur des collaborateurs expérimentés mettant leurs savoir-faire au service de projets éoliens et solaires.

Les filiales d'H2R permettent de prendre en charge toutes les étapes d'un projet, du développement à la gestion opérationnelle en passant par la construction.



III DÉFINITION DE L'AIRES 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 73.

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

La carte en page suivante indique l'emprise de cette zone d'étude, définie par un éloignement de 500 mètres du pied des éoliennes. Ainsi elle se décompose en 5 parties distinctes : une aire d'étude autour de E3 bis, une autour de E7 bis, une autour de E12 bis et une dernière commune à E16 bis et E16 ter. Ces zones d'étude concernent les communes de: Savières et de Payns. Elles occupent au global une surface de 351,76 ha.

Commune	Surface de l'aire d'étude concernée (en ha)
Savières	132,76
Payns	219,0

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

Ces zones d'étude se situent, au plus proche, respectivement à 203 m et 1 015 m des premières habitations des bourgs de Savières et de Payns. Elle s'insère dans un contexte majoritairement agricole.

II LOCALISATION DU SITE

Le projet des éoliennes de Marguerite, composé de 5 aérogénérateurs, est localisé sur les communes de Savières et de Payns, dans le département de l'Aube, en région Grand-Est. La zone d'implantation potentielle de l'étude d'impact concerne ces 2 communes ainsi que la commune du Pavillon-Sainte-Julie.

Plusieurs routes sont concernées par ces aires d'étude :

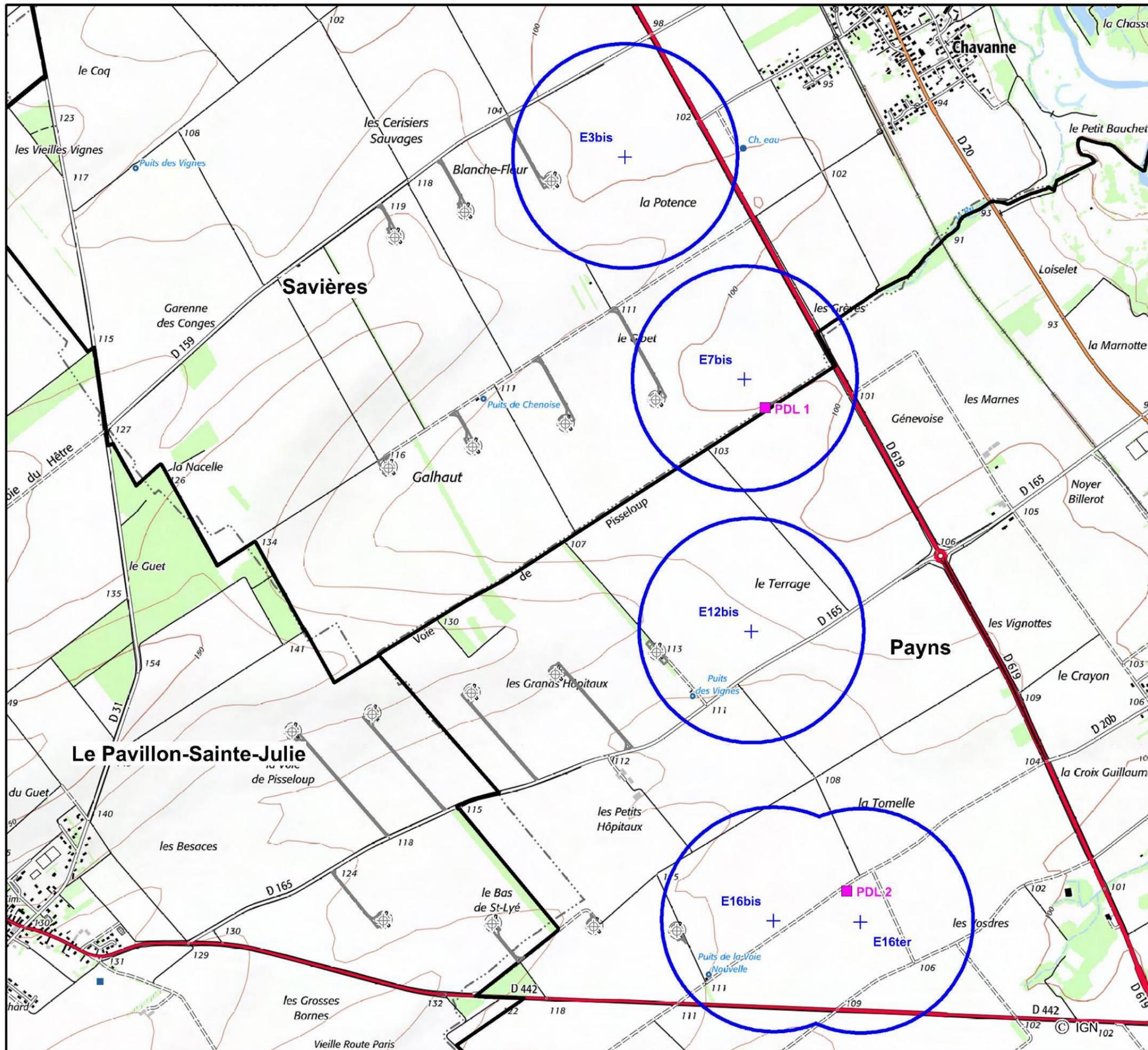
- la RD 619 à l'est du projet, concerne les aires d'étude des éoliennes E3 bis et E7 bis,
- la RD 159, au nord du projet, concerne également l'aire d'étude de E3 bis,
- la RD165, traverse l'aire d'étude de l'éolienne E12 bis,
- la RD 442, travers l'aire d'étude des éoliennes E16 bis et E16 ter.

De plus, plusieurs chemins agricoles concernent ces aires d'étude qui sont également utilisés dans le cadre de l'exploitation du parc éolien existant.

Aucun autre hameau ne se situe à moins de 100 m de la zone d'étude.

	Altitude NGF (en mètre)	Lambert 93	
		X	Y
E3 bis	99	769417.491	6811454.589
E7bis	99	769951.234	6810463.472
E12bis	112	769981.15	6809339.747
E16bis	108	770081.607	6808052.255
E16er	105	770469.295	6808046.203
PDL1	100	770041.773	6810332.669
PDL2	105	770407.611	6808179.385

Tableau 3 : Coordonnées géographiques des éoliennes et du poste de livraison



Situation de l'installation

Commune

Le projet

Eolienne

Poste de livraison

500 mètres des aérogénérateurs

Parc éolien existant (SRS)

Parc éolien de Seine Rive Gauche Sud - SRS

Plateforme et piste du parc éolien SRS

**Parc éolien
Eoliennes de Marguerite
Projet d'extension du parc éolien
"Seine Rive-Gauche Sud"**

0 0,35 0,7 km



© IGN 102

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

Le projet de parc éolien de Marguerite est situé en contexte agricole, à distance des habitations.

Il est localisé sur les communes de Savières et de Payns. L'aire d'étude de 500 m des aérogénérateurs ne concerne que ces communes.

Les communes accueillent respectivement (données 2015) :

- Savières : 1 018 habitants (54,9 hab/km²),
- Payns : 1 346 habitant (79,3 hab/ km²),

Les zones d'habitations, se situant à proximité de la zone d'étude, sont les bourgs des 2 communes.

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 modifié par l'arrêté du 22 septembre 2020. L'habitation la plus proche se situe à 703 m de la première éolienne (E3bis).

Les communes de Savières et de Payns recevant le projet sont régies Par un plan local d'urbanisme. L'ensemble des éoliennes se situe en zone A (agricole) des PLU.

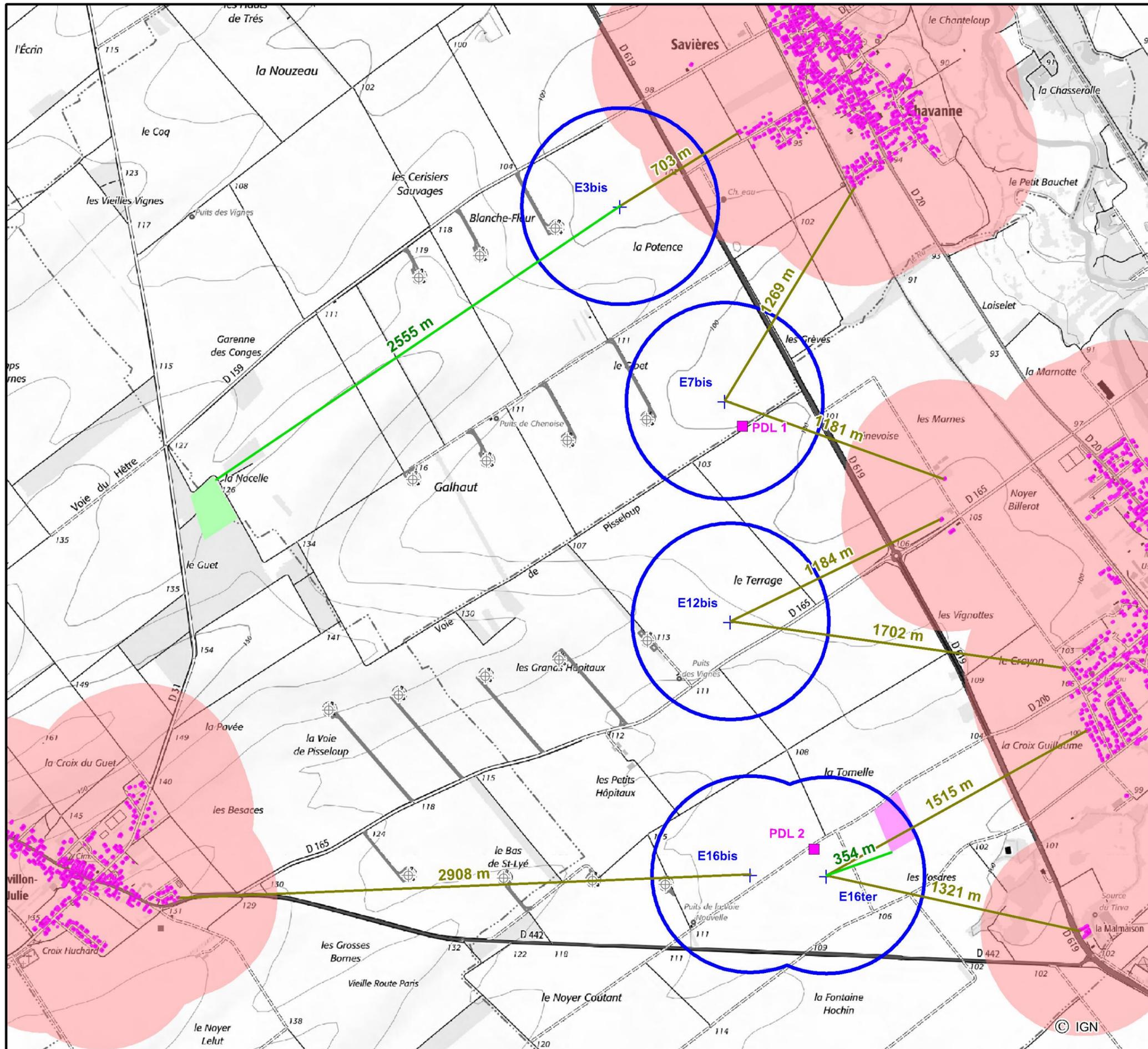
Les installations, ainsi que le périmètre d'étude de 500 mètres, sont situés exclusivement en dehors des zones constructibles.

I.2 ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Les établissements recevant du public dans les communes proches du projet sont majoritairement localisés dans les bourgs.

On note la présence d'un terrain de paintball situé dans le bois du Guet à l'ouest du projet mais qui est éloigné de plus de 2,5 km et donc en dehors des aires d'étude de 500 m des éoliennes.

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



Zones urbanisées

- Commune
- Le projet**
- + Eolienne
- Poste de livraison
- 500 mètres des aérogénérateurs
- Parc éolien existant (SRS)**
- Parc éolien de Seine Rive Gauche Sud - SRS
- Plateforme et piste du parc éolien SRS
- Zones urbanisées**
- Habitation et zone habitée
- 500 mètres des habitations et des zones habitées
- Autre bâtiment (Agricole, artisanal...)
- Méthaniseur
- Paintball
- Distance aux habitations les plus proches
- Autre distance

**Parc éolien
Eoliennes de Marguerite
Projet d'extension du parc éolien
"Seine Rive-Gauche Sud"**



© IGN

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

Plusieurs Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et/ou risque technologique, concernent la zone d'étude de 500 m de l'éolienne E16ter. Il s'agit d'un méthaniseur et de certains aérogénérateurs du parc éolien Seine Rive Gauche Sud (SRS) en fonctionnement (E3, E7, E12 et E16).

Le méthaniseur, situé en partie dans l'aire d'étude de 500 m de l'éolienne E16ter, est actuellement soumis à déclaration avec contrôle au titre de la rubrique 2781-1 (capacité <30t/j), et de l'ancienne rubrique 2910-C de la nomenclature des installations classées. Une enquête publique est en cours (du 21 septembre au 19 octobre 2020) pour la demande d'enregistrement concernant l'augmentation de capacité de traitement d'une unité. Suite à cette enquête, le méthaniseur sera soumis à enregistrement au titre de la rubrique 2981-1-b (>30 t/j et < 100t/j) et déclaration avec contrôle au titre de la rubrique 4310-2 (>1t et <10t).

Les éoliennes du parc éolien SRS concernées sont soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées au même titre que les éoliennes en projet.

Aucune installation nucléaire ne concerne la zone d'étude ni les communes de l'aire d'étude. Selon la base de données des Installations Classées.

I.4 AUTRES ACTIVITÉS

L'aire d'étude est majoritairement naturelle, entièrement vouée par les activités agricoles et occupée par de grandes cultures.

La commune de Savières se situe au sein de l'aire géographique de l'AOC Brie de Meaux et la commune de Payns dans celle de l'AOC Chaource.

L'optimisation de la consommation d'espace et le respect du parcellaire, afin de perturber au minimum les travaux et l'accès aux parcelles, représentent un enjeu au regard du projet.

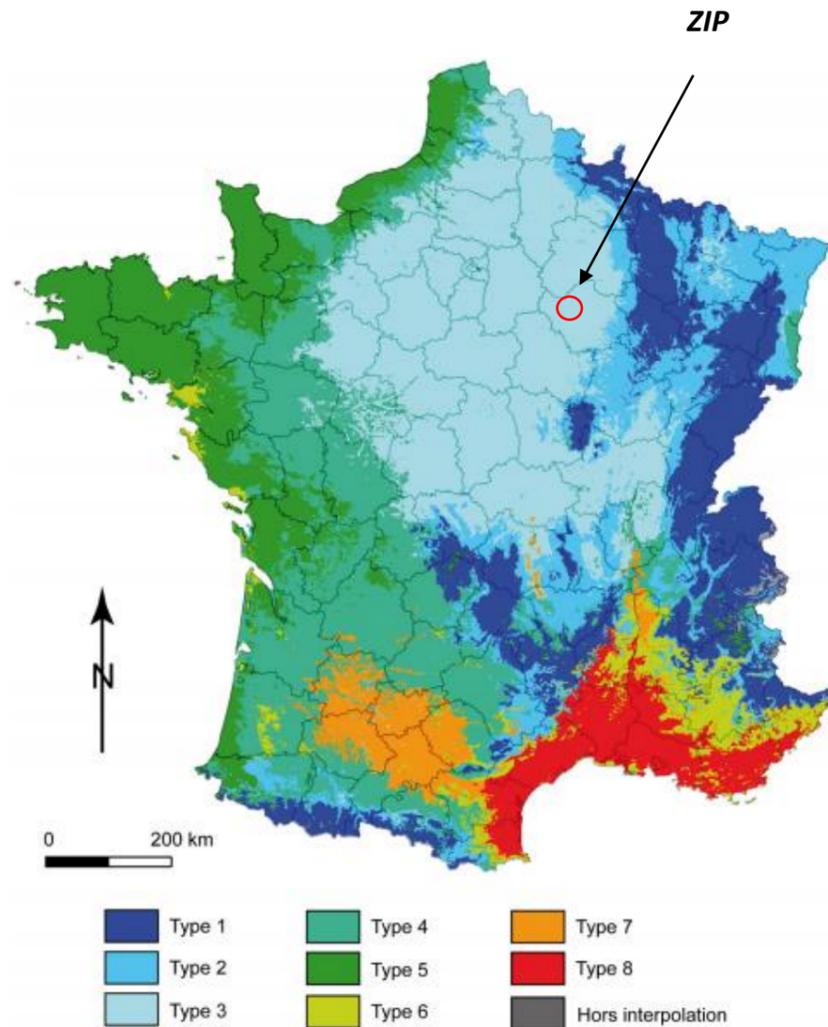
II ENVIRONNEMENT NATUREL

II.1 CONTEXTE CLIMATIQUE

II.1.a CLIMAT, TEMPÉRATURES ET PRÉCIPITATIONS

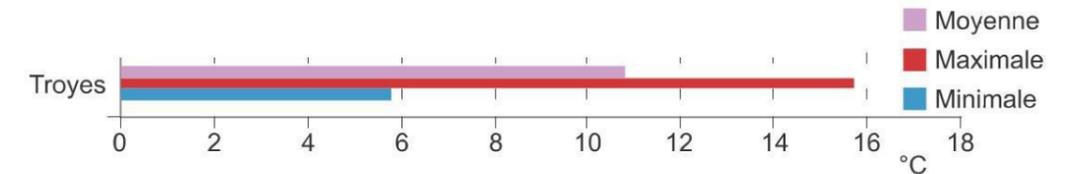
L'Aube est concernée par 2 typologies de climats : un climat de type 3 : climat océanique dégradé des plaines du Centre et du nord sur la majorité du département, et un climat: climat des marges montagnardes à l'est du département à proximité du massif des Vosges.

Figure 1 Typologie climatique du territoire français²

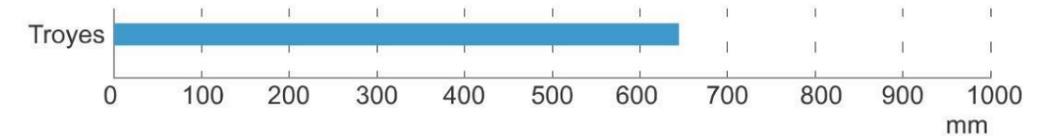


Au regard de sa position géographique, l'aire d'étude est donc concernée par un climat océanique dégradé. La figure ci-dessous illustre les données climatiques sur la ville de Troyes (10 km au sud-est de la ZIP) pour la période 1991-2010.

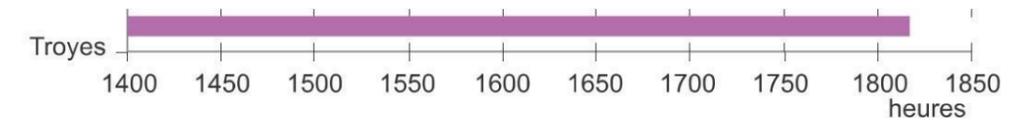
Températures normales 1981-2010



Moyenne du cumul annuel des précipitations 1981-2010



Durée moyenne mensuelle 1991-2010 de l'ensoleillement en heures



Source : MÉTÉO France

Figure 2 : Données climatiques de la ville de Troyes

Sur la période 1971-2000, Météo France a enregistré sur la station de Troyes une moyenne de 15,5 jours de neige, une moyenne de 15,5 jours avec une température inférieure ou égale à -5°C et 71,0 jours de température inférieures ou égale à 0°C.

² 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.

II.1.b CONTEXTE AÉROLOGIQUE : LE VENT

Selon l'étude du porteur du projet H2Air réalisée en 2009 à l'occasion du projet de parc éolien SRS, la vitesse moyenne du vent à hauteur de 80 m, était estimée entre 6,4 et 6,9 m/sec et à 105 m, entre 6,9 et 7,3 m/sec. Le plan en page suivante illustre ce potentiel tandis que les figures ci-contre matérialisent la rose énergétique et la fréquence des vents à l'échelle de l'aire d'étude.

Le parc en fonctionnement confirme ces éléments avec une production effective de 70.300MWh/ an.

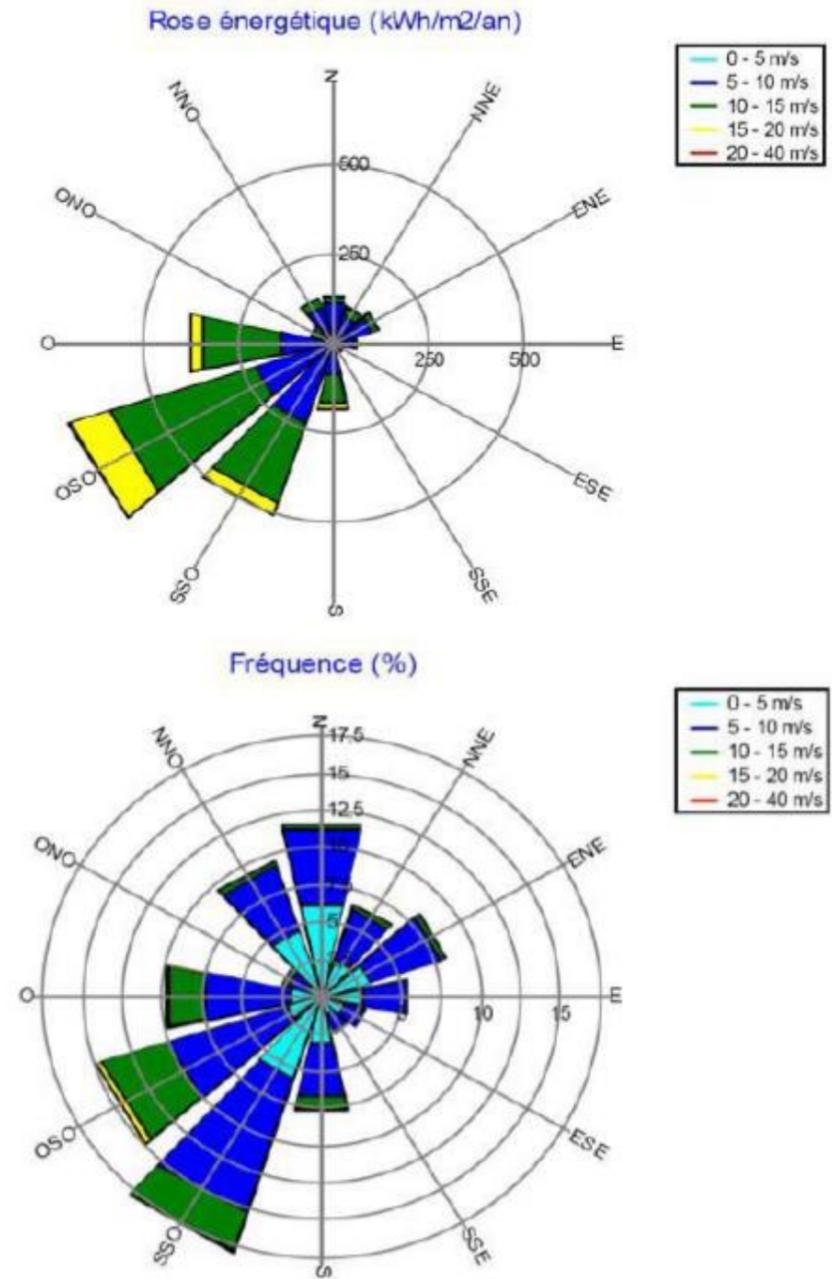
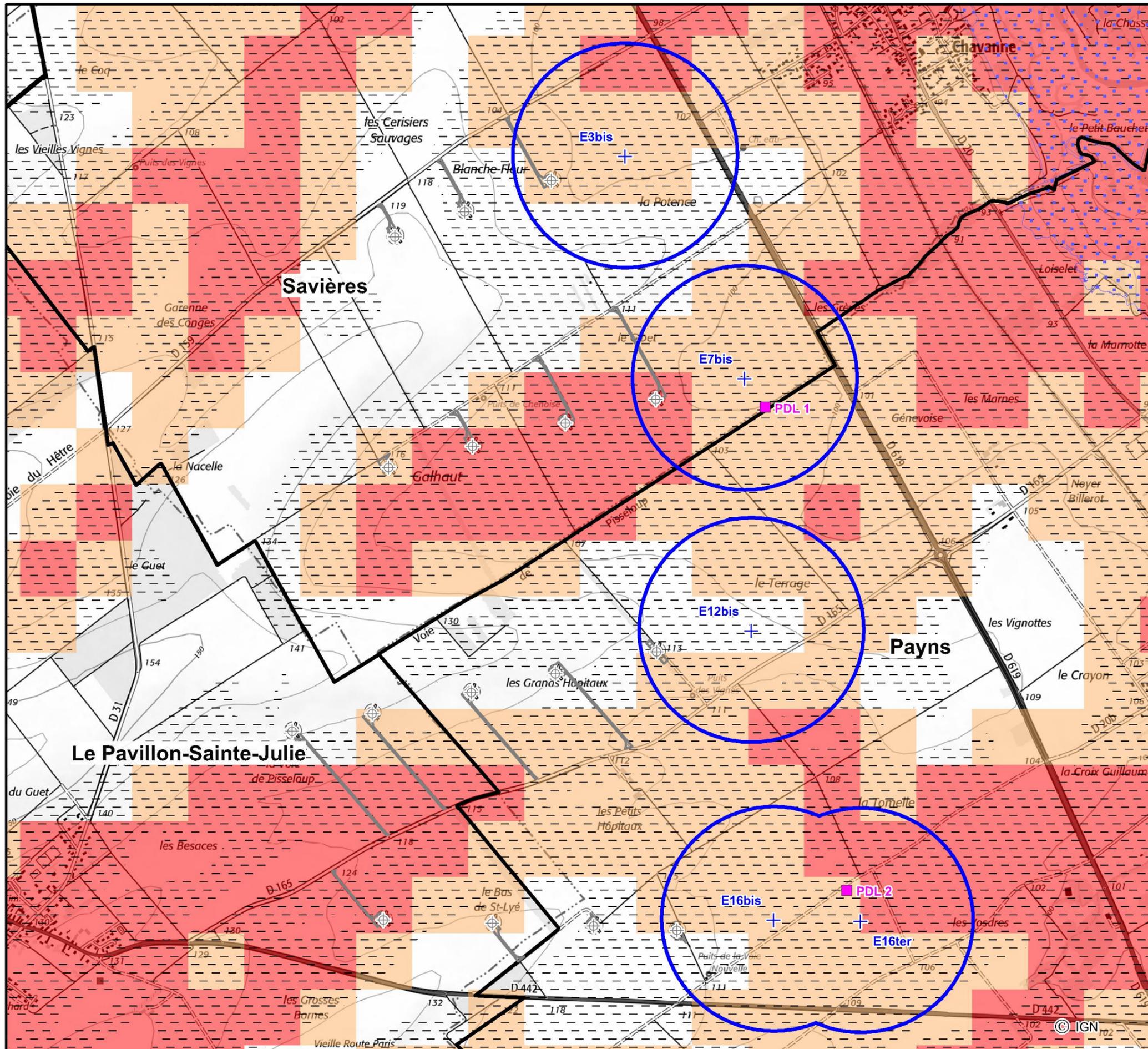


Figure 3 : Rose énergétique et rose de fréquence

(Source : H2Air, étude d'impact du parc SRS, novembre 2009)



Les risques naturels

- Commune
- Le projet**
- + Eolienne
- Poste de livraison
- 500 mètres des aérogénérateurs
- Parc éolien existant (SRS)**
- Parc éolien de Seine Rive Gauche Sud - SRS
- Plateforme et piste du parc éolien SRS
- Les risques naturels**
- Aléas remontée de nappe (georisques.gouv.fr)**
- Zone potentiellement sujette aux débordements de nappe
- Zone potentiellement sujette aux inondations de cave
- Aléas retrait gonflement des argiles (georisques.gouv.fr)**
- Faible
- Zone inondable (Source PPRI)

**Parc éolien
Eoliennes de Marguerite
Projet d'extension du parc éolien
"Seine Rive-Gauche Sud"**

0 0,35 0,7 km



© IGN

II.1.c 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 « géorisques »³ recense les risques suivants :

Risques	Communes
Séisme (niveau 1 très faible)	Payns, Savières
Argiles (faible)	Payns, Savières
Inondation (Seine)	Payns, Savières
Mouvement de terrain (Cavités)	Payns
Mouvement de terrain (tassement différentiel)	Savières, Payns

Tableau 4 : Risques inventoriés sur les communes accueillant l'aire d'étude (d'après georisques.fr)

Les 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
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999	Payns, Savières
Inondations et coulées de boue	08/05/2013	10/05/2013	20/06/2013	27/06/2013	Payns, Savières
	15/01/2018	05/02/2018	14/02/2018	15/02/2018	Savières
Inondations par remontées de nappe phréatique	08/05/2013	12/05/2013	27/02/2014	01/03/2014	Savières

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

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

II.1.d SISMICITÉ

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

II.1.e MOUVEMENTS DE TERRAIN, CAVITES

La consultation du site « Géorisques » du BRGM indique qu'aucun mouvement de terrain ni cavité ne sont recensés sur la zone d'étude.

³ Source : <http://www.georisques.gouv.fr/>

II.1.f 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.1.g Foudre

Selon la carte de la densité de foudroiement par département en France, l'Aube présente une densité moyenne de 0,8 impact au sol par an et par km².

La consultation de la base de données Foudre de Météorage⁴ permet toutefois de préciser ces données sur le secteur réellement concerné par le projet.

Elle confirme la densité moyenne de foudroiement sur le département de l'Aube de 0,80 nsg/km²/an ce qui le classe au 67^{ème} rang national (sur 92 départements).

La commune de Payns présente une densité de foudroiement de 0,58 nsg/km²/an, soit une densité infime.

➔ **N_{SG} : 0,58 impacts/km²/an**



Indice de confiance statistique : **Excellent**

L'intervalle de confiance à 95% est : [0,48 - 0,71].

➔ **Nombre de jours d'orage : 6 jours par an**

Figure 4 : 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 en été et plus particulièrement au mois de juin (Source Météorage).

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

⁴ Source : METEORAGE, Statistiques du foudroiement, <http://www.meteorage.fr>

II.1.h TEMPÊTES

D'après le DDRM, le département de l'Aube est soumis à des aléas météorologiques ou hydrologiques. L'ensemble du département est concerné par le risque de vents violents. Toutefois, ils ne représentent pas de risque majeur à l'échelle de chaque commune du département mais ils peuvent avoir des conséquences graves sur la sécurité des populations, l'intégrité des biens et sur l'activité économique.

Le risque tempête existe mais reste faible sur les communes accueillant l'aire d'étude.

II.1.i INONDATIONS

Plusieurs arrêtés de catastrophe naturel « Inondation, coulée de boue et mouvement de terrain » ont été pris sur les communes de l'aire d'étude.

Toutefois, la zone d'étude n'est pas concernée par des zones inondables identifiées par les différents plans de prévention.

La zone d'étude est ponctuellement concernées par des zones potentiellement sujettes aux débordements de nappes : au niveau de la vallée sèche au lieu-dit « Gahaut », et au lieu-dit « les Vosdres ».

La méthodologie de détermination de cette carte de l'aléa remontée de nappe précise que l'exploitation de la carte de sensibilité aux remontées de nappe n'est possible qu'à une échelle inférieure à 1/100 000. Autrement dit, pour des études locales, ayant besoin d'une résolution fine (échelle parcellaire ou au 1/25 000, au 1/50 000), cette carte nationale ne doit pas être utilisée. Il s'agit alors d'une carte d'alerte.

Ici, l'aquifère est situé sous plusieurs dizaines de mètres de la surface ce qui permet d'envisager que le risque soit limité sur l'aire d'étude.

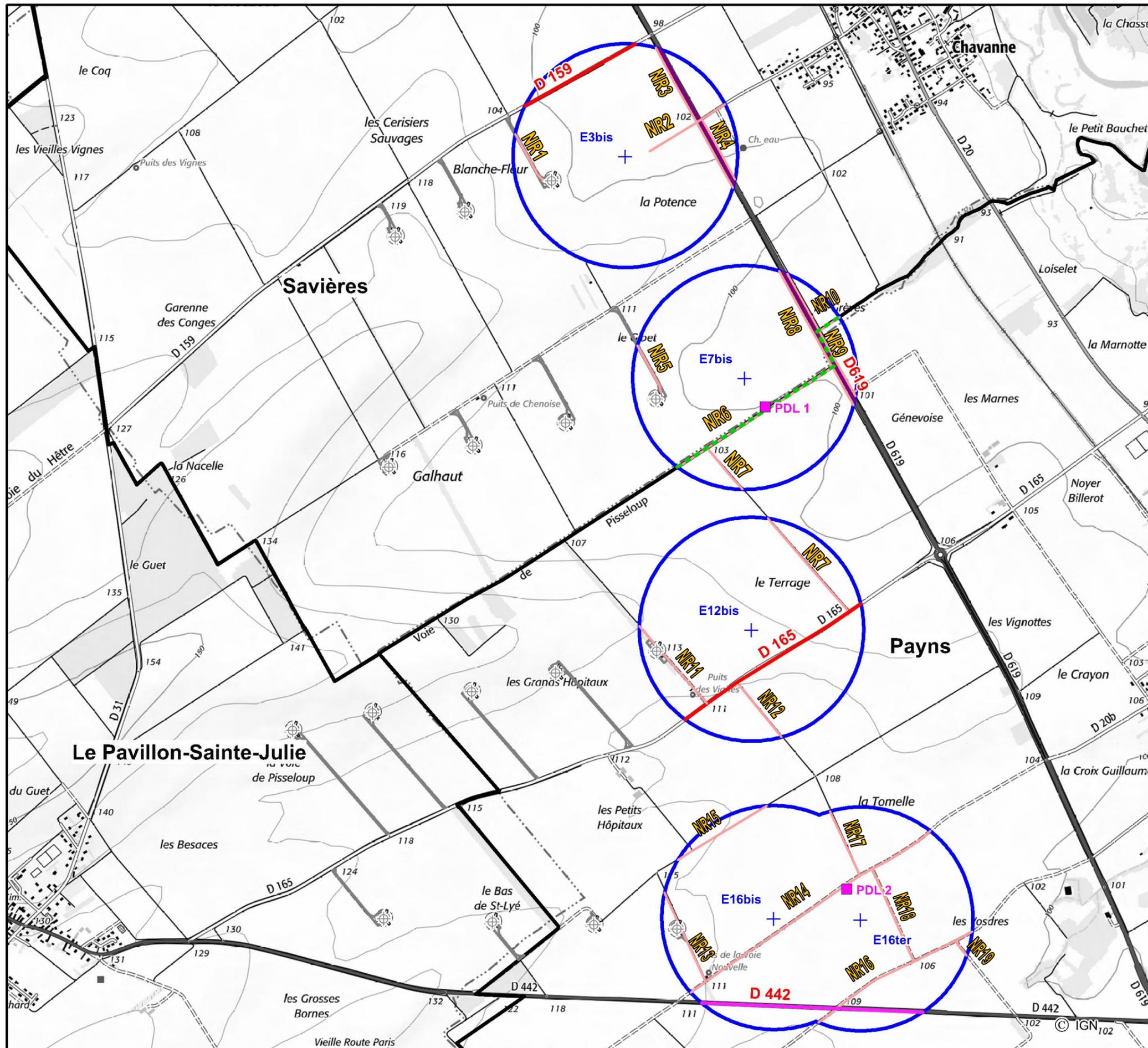
II.1.j RISQUE INCENDIE « FEUX DE FORETS »

L'aire d'étude est majoritairement occupée par des grandes cultures, la végétation arborée n'occupant qu'un bosquet au lieu-dit « Haut de Saint-Lyé », le long de la route D442.

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 toutefois 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.

Par ailleurs 16 éoliennes fonctionnent depuis 2012, sans qu'aucun incendie accidentel n'ait été constaté.



Voies de communication

- Commune
- Le projet**
- + Eolienne
- Poste de livraison
- 500 mètres des aérogénérateurs
- Parc éolien existant (SRS)**
- Parc éolien de Seine Rive Gauche Sud - SRS
- Plateforme et piste du parc éolien SRS
- Voies de communication**
- Voie structurante
- Route à grande circulation: RD 619
- Route Départementale
- Voie de communication non structurante
- Chemin inscrit au PDIPR

**Parc éolien
Eoliennes de Marguerite
Projet d'extension du parc éolien
"Seine Rive-Gauche Sud"**

0 0,35 0,7 km



© IGN 102

III ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

III.1 VOIES DE COMMUNICATION

III.1.a TRANSPORT ROUTIER

L'aire d'étude est traversée par plusieurs routes départementales :

- la RD619, traverse les aires d'étude de E3bis et de E7bis dans leur partie est. Elle relie Troyes à Provins. Elle est classée en route à grande circulation à ce niveau dans le Décret n° 2010-578 du 31 mai 2010 modifiant le décret n° 2009-615 du 3 juin 2009 fixant la liste des routes à grande circulation. L'article Article L111-1-4 interdit toutes constructions ou installations sur une bande de 75mètres de part et d'autre de cet axe.
- La RD159 traverse l'aire d'étude de E3bis dans sa partie nord. Elle relie la RD31 à Chauchigny à l'Est.
- La RD442, en limite sud de l'aire d'étude de E16bis et E16ter, relie Nogent-sur-Seine à la RD 619.
- Enfin, la RD165 traverse l'aire d'étude de E12bis.

Ce réseau routier est globalement rectiligne et parfaitement dimensionné pour recevoir les convois de transport des éléments composant une éolienne, la preuve en est que ce réseau a d'ores et déjà été utilisé pour l'acheminement des éoliennes du parc éolien SRS en fonctionnement.

Des comptages routiers sont effectués par le département de l'Aube sur son réseau routier structurant.

En 2016, les résultats du comptage pour la RD442 au niveau de la ZIP ont évalué un trafic de 3402 véh/jour (Moyenne journalière annuelle, 2 sens confondus), dont 224 poids lourds.

Pour la RD 619, la même année, des comptages ont été faits à l'Est de Romilly-sur-Seine à environ 15 km au nord de la ZIP. Les résultats à ce niveau donnent 8752 véh/jour dont 1021 poids lourds.

L'aire d'étude est également bien desservie par un réseau secondaire (pistes, chemins), au sein des vastes parcelles agricoles Certaines pistes ont par ailleurs été empruntées ou créées pour l'acheminement des éoliennes existantes et sont encore utilisées dans le cadre de leur exploitation.

Dans l'aire d'étude d'E7bis, la voie de Pisseloup (non revêtue) est également utilisée comme chemin de petite randonnée

Nom	Type	Distance aux éoliennes (en mètres)				
		E3bis	E7bis	E12bis	E16bis	E16ter
D159	Revêtue	418				
NR1	NR	380				
NR2	NR	109				
NR3	NR	350				
D619	Revêtue	357	368			
NR4	NR	369				
NR5	NR		381			
NR6/chemin de randonnée	NR		170			
NR7	NR		360	370		
NR8	NR		367			
NR9/chemin de randonnée	NR		395			
NR10/chemin de randonnée	NR		395			
NR11	NR			380		
NR12	NR			247		
D165	Revêtue			158		
NR13	NR				400	
NR14	NR				63	163
NR15	NR				450	
NR16	NR				490	274
NR17	NR				426	192
NR18	NR				490	135
NR19	NR					434
D442	Revêtue				387	393

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

Il existe également une voie cyclable le long de l'ancien canal de la Seine, mais éloignée de 2,5 km environ du projet. Elle ne concerne donc pas l'aire d'étude.

III.1.b TRANSPORT FERROVIAIRE

Une voie ferrée existe à l'Est du projet, dont elle est distante de près de 1 100m. Elle ne concerne donc pas l'aire d'étude.

III.1.c TRANSPORT FLUVIAL

Aucune voie navigable ne passe à proximité et/ou dans la zone d'étude. L'ancien canal de la Seine à environ 2,5 km au nord-est du projet est aujourd'hui désaffecté.

III.1.d TRANSPORT AÉRIEN

Aucune plateforme ULM, ni aéroport n'est situé à moins de 5 km des installations.

Aucune servitude aérienne civile ne s'oppose au projet éolien ce qui ne le dispense aucunement, conformément à la réglementation en vigueur, et compte tenu de la hauteur totale hors sol des éoliennes, de la mise en place d'un balisage "diurne et nocturne". La DGAC n'a émis aucune remarque particulière pour l'implantation d'un projet éolien sur la ZIP avec des machines de 150 m de haut pale comprise.

L'aviation militaire a également émis un avis favorable (courrier du 11 janvier 2012) pour un projet d'extension du parc éolien SRS.

III.2 RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

III.2.a TRANSPORT D'ÉLECTRICITÉ

Aucune ligne électrique haute tension n'est présente au droit de l'aire d'étude.

III.2.b CANALISATIONS DE TRANSPORT

Une conduite de gaz (DN125-1956-LE-GAULT-SOIGNY-BARBÉREY-SAINT-SULPICE (ANT DE TROYES)) traverse l'aire d'étude des éoliennes E12 bis et E16 ter. Une servitude de 30 m existe, de part et d'autre de cette conduite.

Les éoliennes E12bis et E16ter en sont distante respectivement de 192m et 303m.

III.2.c RÉSEAUX D'ASSAINISSEMENT

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

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

L'aire d'étude de l'éolienne E3 bis s'inscrit en quasi-totalité sur le périmètre de protection rapprochée et éloignée du captage d'eau potable du captage de Savières.

Le réseau d'eau potable qui en dépend traverse l'aire d'étude des éoliennes E3 bis et E7 bis. Le tracé de ce réseau s'appuie sur celui de la RD 619.

III.2.e RADARS

L'aire d'étude se situe à plus de 27 km du radar d'Arcis-sur-Aube, radar hydrométéorologique le plus proche de la ZIP. Elle se trouve donc au-delà de la zone de «coordination » de 20 Km requise dans l'arrêté du 26 août 2011. Aucun enjeu n'est retenu à ce titre.

L'aire d'étude se situe également à 8,8 km du radar militaire de Prunay-Belleville, et est donc située dans la zone de protection de ces radars. Un enjeu fort est également retenu à ce titre.

La disposition du parc existant de 16 éoliennes a été réalisée en concertation avec l'Armée, afin de minimiser les impacts sur ce radar. L'extension objet du présent projet respecte les lignes autorisées et n'augmente pas l'angle impactant le radar.

Enfin, l'aire d'étude est située à 12,7 km du radar VOR Troyes Barberey.

L'arrêté ministériel du 26 août 2011 impose une distance minimale d'éloignement de 15 km.

Toutefois, deux lignes d'éoliennes du parc existant SRS sont incluses dans ce périmètre.

Ce périmètre interdit l'installation d'éolienne dans ce périmètre sauf si l'exploitant dispose de l'accord écrit du ministère en charge de l'aviation civile.

Par courrier du 1er Août 2017, la Direction Générale de l'Aviation Civile n'émet aucune remarque particulière sur le projet d'extension du parc éolien existant, objet de la présente étude d'impact. Aucun enjeu n'est donc retenu à ce titre

Il reste enfin à noter que la pointe Sud-Est de la Zip est concernée par une servitude de type T5 liée à la zone de dégagement de l'aéroport de Troyes. Cette servitude limite la hauteur des éoliennes sur cette partie de la ZIP. Toutefois, le courrier précédemment évoqué ne retient pas de contrainte particulière pour le projet. Les éoliennes de Marguerite restent dans le même gabarit d'éoliennes que celles en fonctionnement sur la zone de projet.

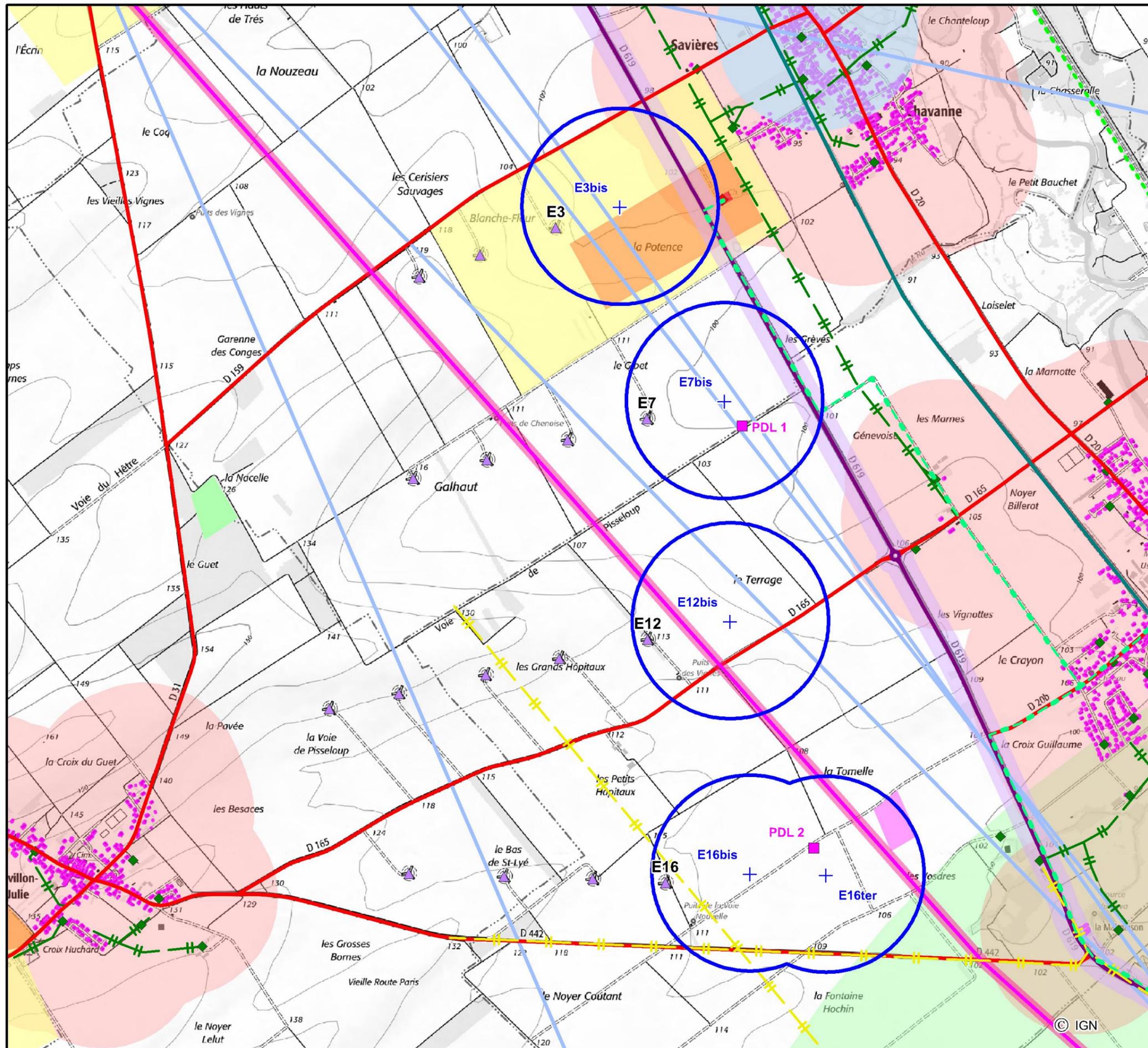
III.2.f RÉSEAUX DE TÉLÉCOMMUNICATION

4 faisceaux hertziens non grevés de servitudes traversent l'aire d'étude du Nord au Sud. Un réseau de communication téléphonique est également recensé dans la partie sud à proximité d'E16bis. Ces réseaux et faisceaux constituent un enjeu fort.

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

III.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
- 500 mètres des aérogénérateurs

Zones urbanisées

- Habitation et zone habitée
- 500 mètres des habitations et des zones habitées

Réseaux et servitudes

- Route à Grande Circulation
- Retrait de 75 mètres des routes à grande circulation
- Route Départementale
- Voie ferrée
- Voie verte, véloroute
- Gazoduc
- 30 m du gazoduc: servitude d'utilité publique
- ◆ Poste électrique
- +— Réseau électrique aérien HTA
- +— Servitudes relatives aux communications téléphoniques
- Faisceau de radiotélécommunication non grévé de servitudes
- Périmètre de protection de 500 m des Monuments Historiques
- ◆ Captage AEP (Source ARS Grand-Est DDT Aube)
- Périmètre de protection immédiat
- Périmètre de protection rapproché
- Périmètre de protection éloigné
- Canalisation d'eau potable
- Zone de dégagement aéronautique
- Paintball
- Site de méthanisation
- ▲ Eolienne construite

**Parc éolien - Eoliennes de Marguerite
Projet d'extension du parc éolien
"Seine Rive-Gauche Sud"**

0 0,4 0,8 km



© IGN

IV 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. Vue la superposition de certains cercles, la zone d'étude globale autour du parc éolien représente une surface d'environ 430,3 ha.

▪ Biens, infrastructures exposés

En termes d'infrastructures exposées, sont recensés :

- Les routes départementales RD619, RD159, RD165 et RD 442,
- Les chemins d'exploitation et plateformes des éoliennes en projet ou en exploitation,
- Les éoliennes du parc éolien en exploitation,
- Un chemin de randonnées le long de la voie de Pisseloup,
- Une canalisation de transport de gaz,
- Le site de méthanisation « Biogaz des Templiers »,

▪ Les enjeux humains

L'occupation du sol majoritaire, au sein du périmètre de l'étude de dangers, est constituée de milieux agricoles. 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**.

Aucune donnée de trafic relative aux chemins ruraux (ou communaux) et aux voies communales n'est disponible. Ces 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 d'une 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, pour les RD 159 et 165,

l'exposition retenue pour un tronçon de **1 km de route est de 0,07 personne** ($7 \times 1000 / 100000 \times 1$).

Concernant les voies structurantes, ici la RD619 et le RD442, l'ANNEXE 1 précise qu'il faut compter 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour. Les données du Département **pour la RD619** indiquent un trafic de 8752 véh/j. Le calcul est donc le suivant : $0,4 \times 8752 / 100 = \mathbf{35 \text{ personnes / km}}$.

Pour la RD 442, les données de comptage indiquent un trafic de 3402 véh/j. Le calcul est donc le suivant : $0,4 \times 3402 / 100 = \mathbf{13,6 \text{ personnes / km}}$.

Pour les chemins de promenade, de randonnée, l'ANNEXE 1 précise qu'il faut compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne. Ne disposant pas de données de fréquentation, c'est cette valeur par défaut (**2 personnes par km**) qui sera retenue pour le chemin de petite randonnée à proximité d'E7bis, en considérant que ce chemin est peu fréquenté (moins de 100 promeneurs/jour en moyenne).

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. Il en est de même pour les pistes et les plateformes existantes du parc existant SRS.**

Concernant le méthaniseur, la présence permanente de 1 personne sur ce site est retenue (cette valeur est majorante, puisque la présence n'a pas lieu en réalité 24 h 24 sur le site, ni tous les jours).

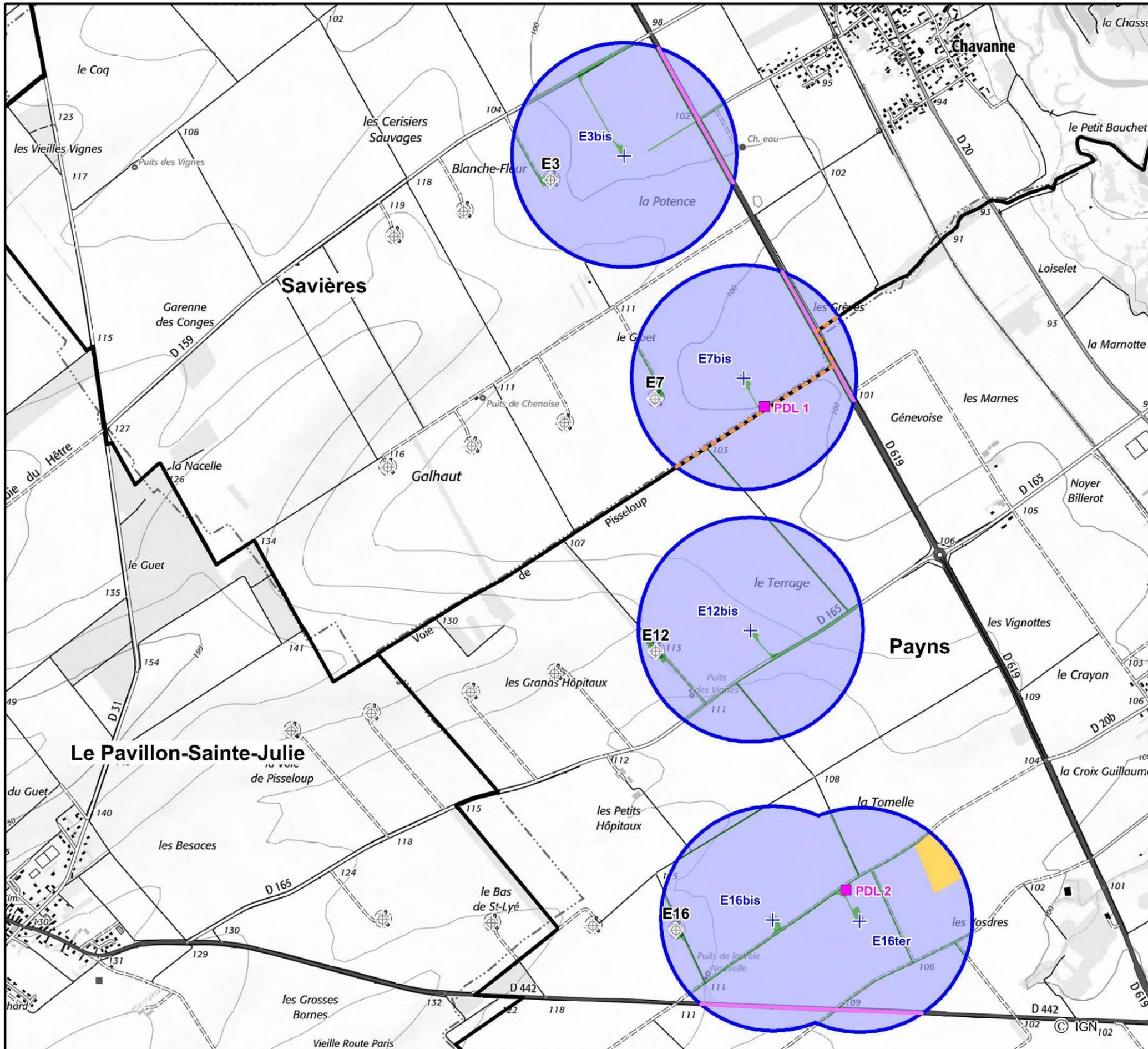
Les surfaces ont été calculées en utilisant un logiciel de SIG (MapInfo), en intégrant des données cartographiques au 1/25 000, les orthophotoplans de l'IGN et le plan masse fourni par l'opérateur. Ces données ont permis de calculer à un instant « t » les différentes répartitions de terrains exposés 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 :

- 25,05 pour E3bis ;
- 25,24 pour E7bis ;
- 1,09 pour E12bis ;
- 9,38 pour E16bis ;
- 9,98 pour E16ter.

Eolienne	Ensemble homogène	Surface (ha) ou Linéaire (km)	Règle de calcul	Enjeux humains (EH)	Enjeux humains totaux (dans un rayon de 500 m)
E3bis	terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,28	1/100ha	0,763	25,05
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,42	1/10ha	0,242	
	RD619	0,687	35/km	24,045	
E7bis	terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,277	1/100ha	0,763	25,24
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,428	1/10ha	0,243	
	RD619	0,656	35/km	22,96	
	Chemin de petite randonnée	0,638	2/km	1,276	
E12bis	terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,39	1/100ha	0,764	1,09
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	32,31	1/10ha	0,323	
E16 bis	terrains non aménagés et très peu fréquentés	75,86	1/100ha	0,7586	9,38
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,84	1/10ha	0,284	
	RD 442	0,613	13,6/km	8,337	
E16ter	terrains non aménagés et très peu fréquentés	72,96	1/100ha	0,7296	9,98
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,84	1/10ha	0,284	
	Unité de méthanisation	3,08	1	1	
	RD 442	0,587	13,6/km	7,983	

Tableau 7 : Enjeux humains par éolienne



Cartographie de synthèse

- Commune
- Le projet**
- + Eolienne
- Poste de livraison
- 500 mètres des aérogénérateurs
- Parc éolien existant (SRS)**
- Parc éolien de Seine Rive Gauche Sud - SRS
- Les enjeux humains**
- Terrains non aménagés et très peu fréquentés
- Terrains aménagés mais peu fréquentés
- Terrains aménagés et potentiellement fréquentés
- Voie structurante
- Chemin de randonnée

**Parc éolien
Eoliennes de Marguerite
Projet d'extension du parc éolien
"Seine Rive-Gauche Sud"**



© IGN 102

D DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

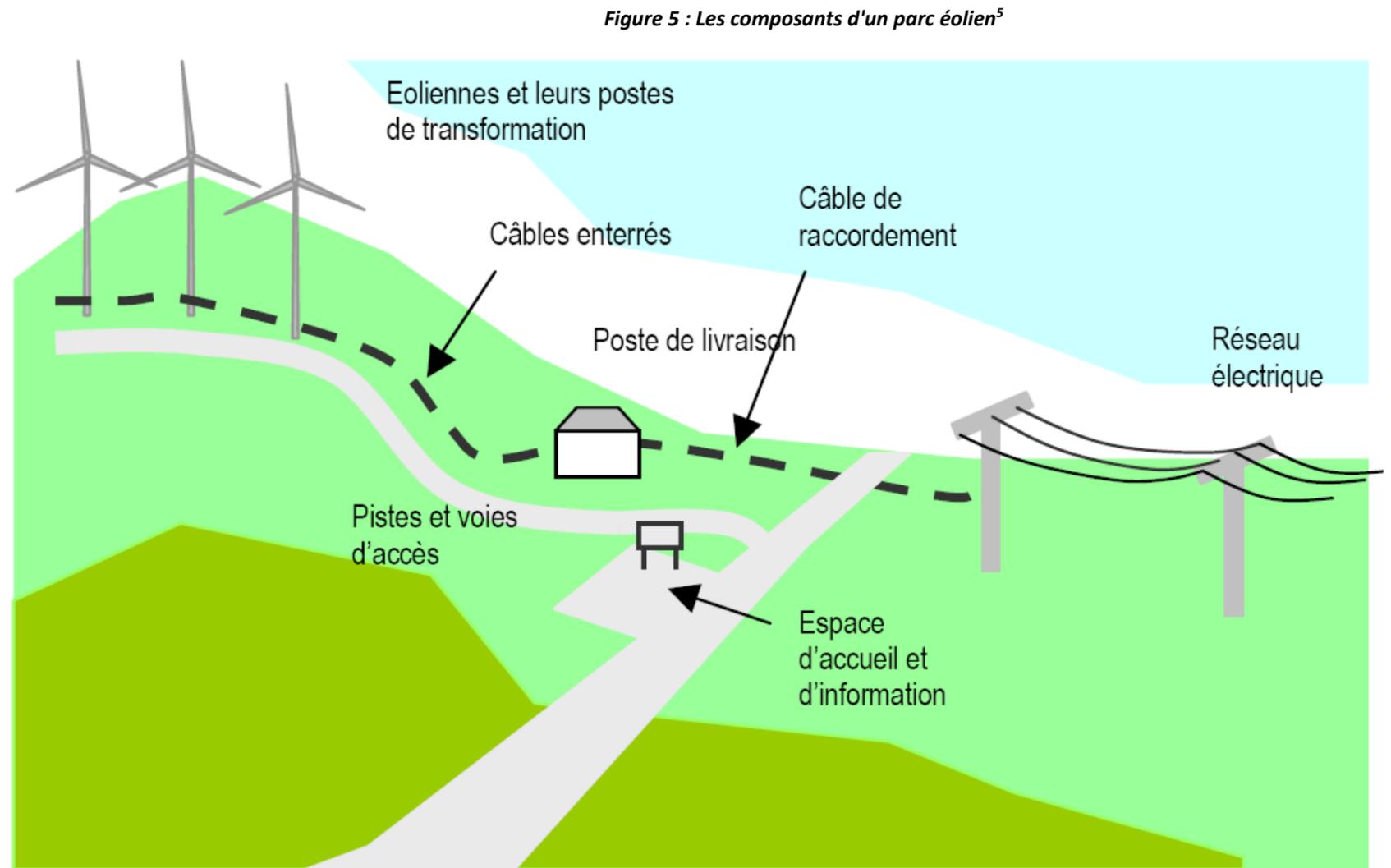
Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement, afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elle représente (chapitre E), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

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...



⁵ 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 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 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 :

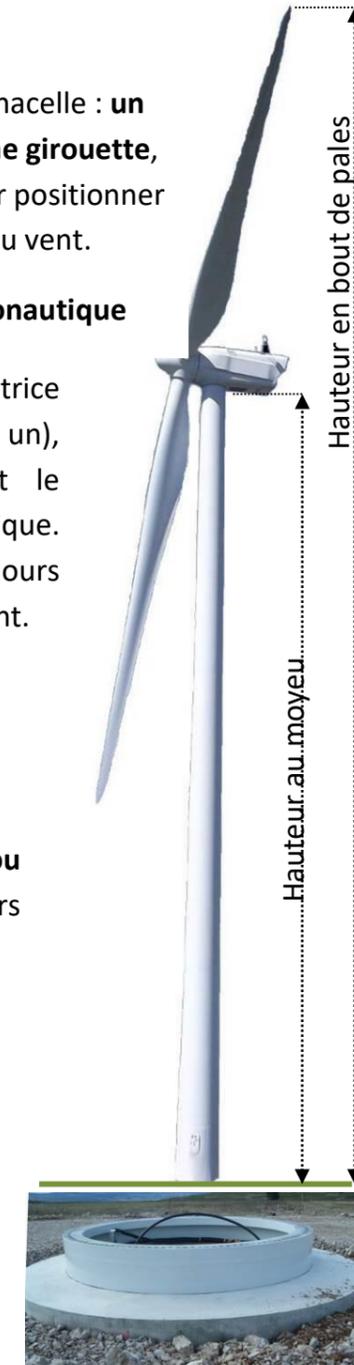
- **Le rotor** qui est composé de trois pales construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- **Le mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons 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 6 : Les composants d'une éolienne

I.1.b EMPRISE AU SOL

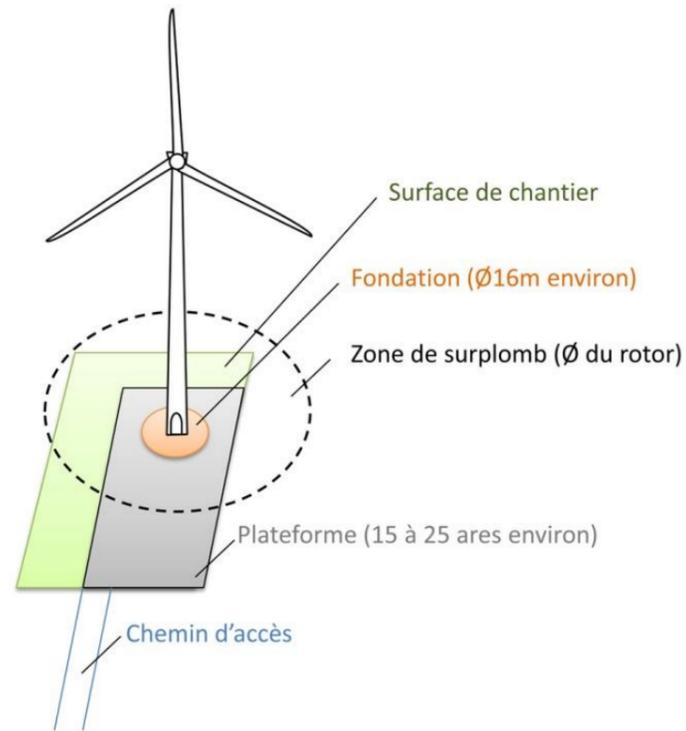


Figure 7 : Emprise d'une éolienne (dimension fournies à titre informatifs⁶)

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.

⁶ Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150m de hauteur totale

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 des éoliennes de Marguerite est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) d'environ 150 à 165 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 de Marguerite est composé de 5 aérogénérateurs et de 2 postes de livraison. Les connections entre les éoliennes et les postes de livraison impliquent environ 5700 m de câbles enterrés. A la date de dépôt du présent Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale Unique, le modèle d'éoliennes qui équipera le parc éolien n'est pas déterminé. En effet, plusieurs modèles actuellement commercialisés présentent un gabarit et des spécificités techniques adaptés aux caractéristiques du site. Afin de ne pas sous-évaluer les impacts les modèles d'éoliennes retenus pour cette étude sont de type Vestas, ayant des caractéristiques correspondant au gabarit maximisé :

- éoliennes E3 bis, E7 Bis : V100 de chez VESTAS (hauteur de moyeu 100m - puissance de 2,2 MW)
- éolienne E12 bis: V90 de chez VESTAS (hauteur de moyeu 105m - puissance de 2,0 MW)
- éoliennes E16 bis, E16 Ter : V117 de chez VESTAS (hauteur de moyeu 106m - puissance de 3,45 MW)

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 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation.

Les aérogénérateurs ont une hauteur de centre du moyeu allant de 100 à 106 mètres (hauteur retenue au sens de la réglementation ICPE). L'ensemble des aérogénérateurs a un diamètre de rotor de 90 à 117 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 150 à 165 mètres.

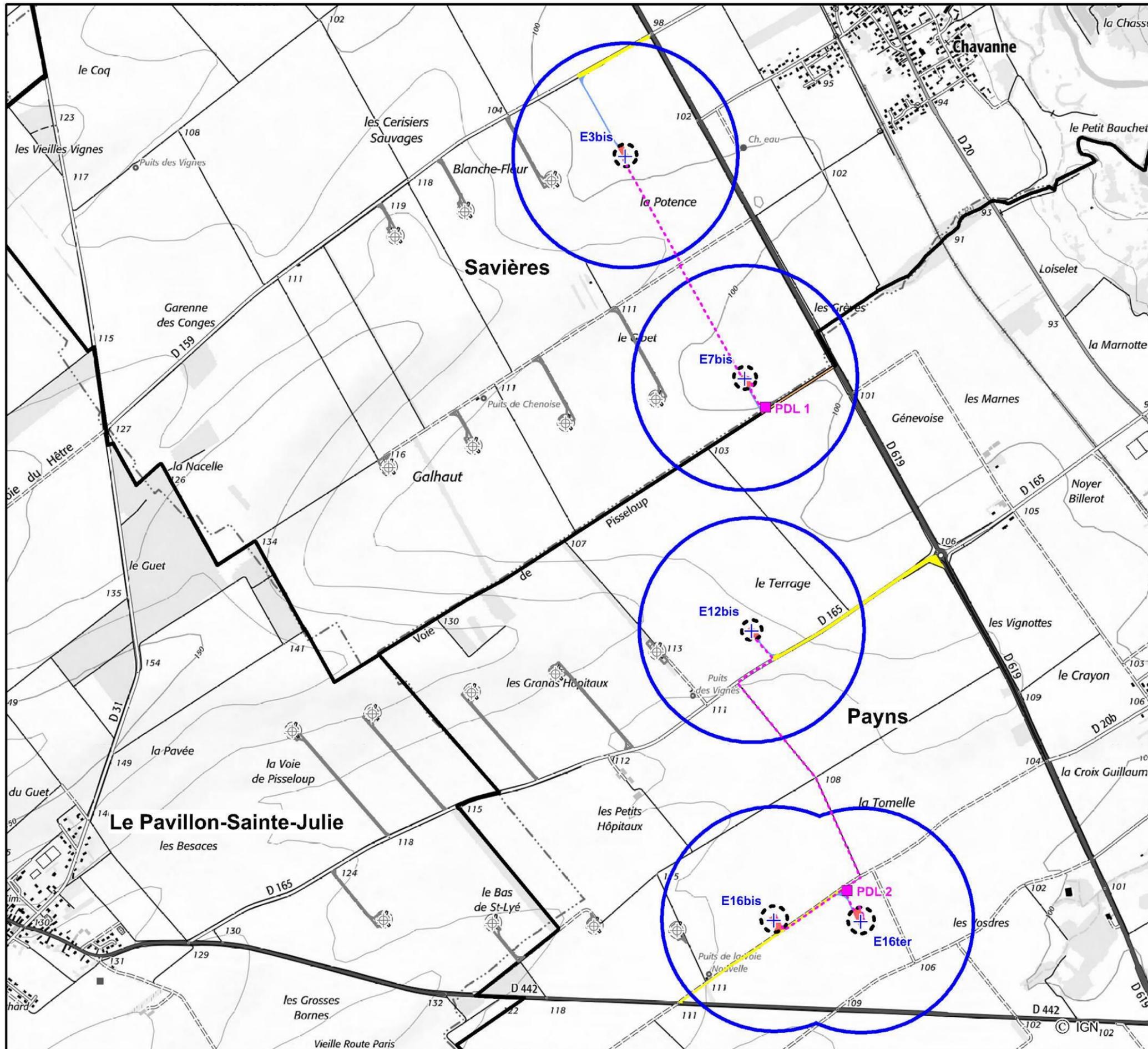
Nom	Rotor	Hauteur au moyeu	Hauteur totale	Puissance
E3 bis	100	100	150	2,2
E7 bis	100	100	150	2,2
E12 bis	90	105	150	2
E16 bis	117	106	165	3,45
E16 ter	117	106	165	3,45

Tableau 8 : Les différents gabarits selon les éoliennes

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

Nom de l'installation	L93 (m)		Altitude (m NGF)
	X	Y	
E3bis	769417.491	6811454.589	99
E7bis	769951.234	6810463.472	99
E12bis	769981.15	6809339.747	112
E16bis	770081.607	6808052.255	108
E16ter	770469.295	6808046.203	105
PDL1	770041.773	6810332.669	100
PDL2	770407.611	6808179.385	105

Tableau 9 : Coordonnées des aérogénérateurs et des postes de livraison



Plan des aménagements

- Commune
- Le projet**
- + Eolienne
- 500 mètres des aérogénérateurs
- Poste de livraison
- Raccordement interne
- Survol
- Plateforme
- Accès existant
- Accès à renforcer
- Accès à créer
- Parc éolien existant (SRS)**
- + Parc éolien de Seine Rive Gauche Sud - SRS
- Plateforme et piste du parc éolien SRS

**Parc éolien
Eoliennes de Marguerite
Projet d'extension du parc éolien
"Seine Rive-Gauche Sud"**

0 0,35 0,7 km



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 (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre «lent» lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

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

Pour un aérogénérateur de 2 MW par exemple, la production électrique atteint 2 000 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 ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN AEROGENERATEUR

Le paragraphe suivant décrit de façon générale les aérogénérateurs prévus pour le projet de Marguerite, correspondant à une gamme d'éolienne dont la puissance est comprise entre 2 et 3,45 MW. De légères variations de fonctionnement et de technologie peuvent exister entre les modèles.

II.2.a DÉCOUPAGE FONCTIONNEL

Élément 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 10 : 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,

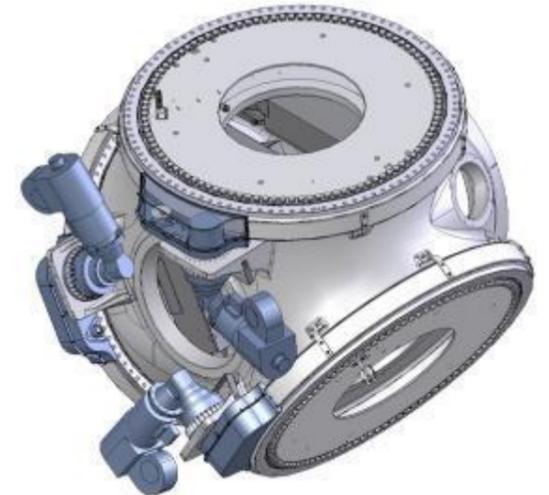
Ainsi, afin d'adapter l'éolienne aux conditions de vent, les pales pivotent autour de leur axe longitudinal grâce à des moteurs de réglage à courant continu tournant simultanément, ces moteurs agissant sur la denture extérieure du palier par l'intermédiaire d'un engrenage planétaire et d'un pignon.

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 Nacelle

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

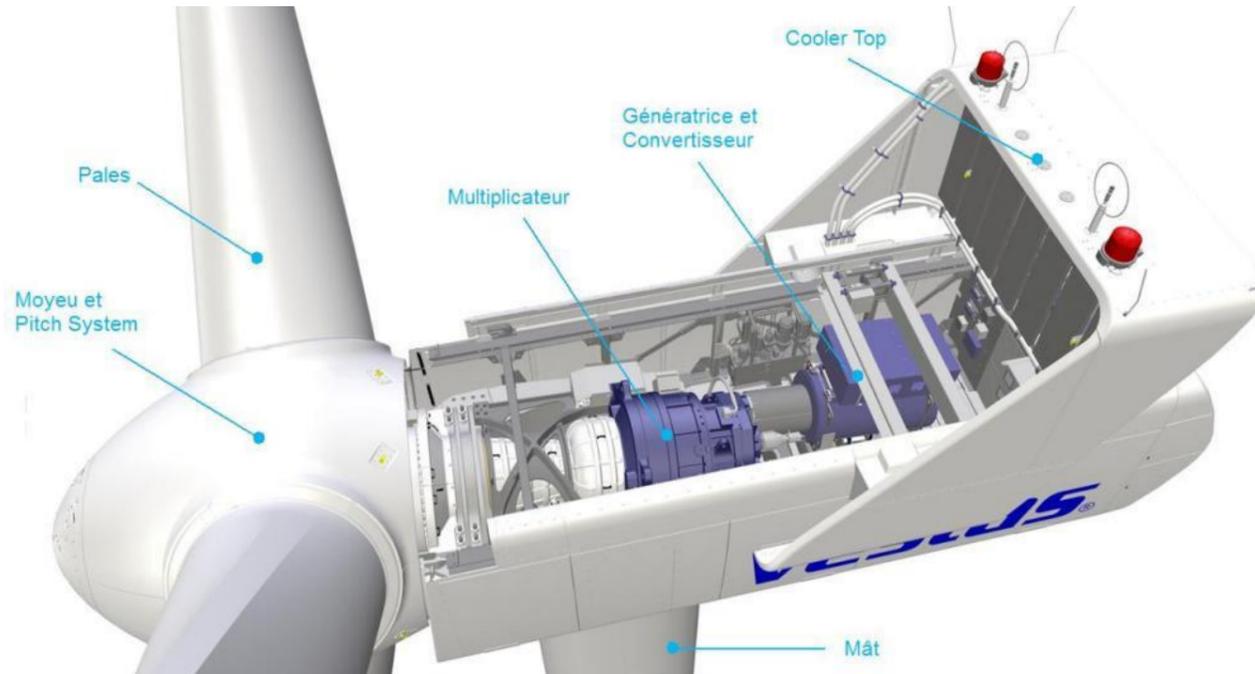
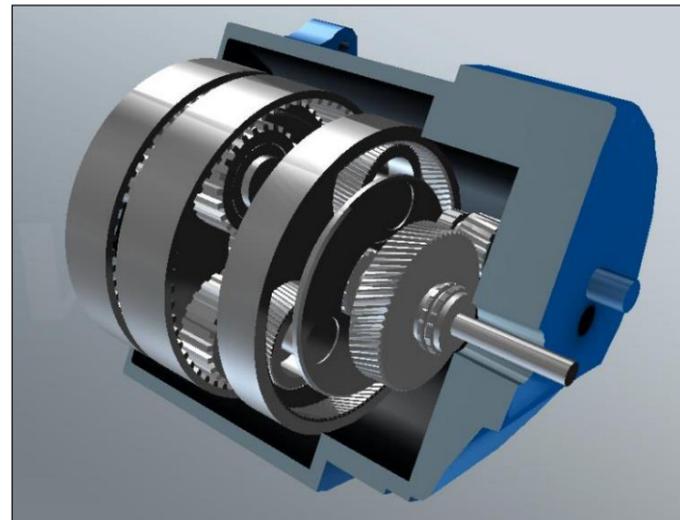


Figure 8 : Exemple de nacelle (source : Vestas)

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 9 : Présentation et localisation du générateur

L'énergie mécanique du vent est transformée en énergie électrique par le **générateur**. Il peut s'agir 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 refroidissement 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.

II.2.a.4 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. 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.

II.2.a.5 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.6 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 le constructeur. 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.

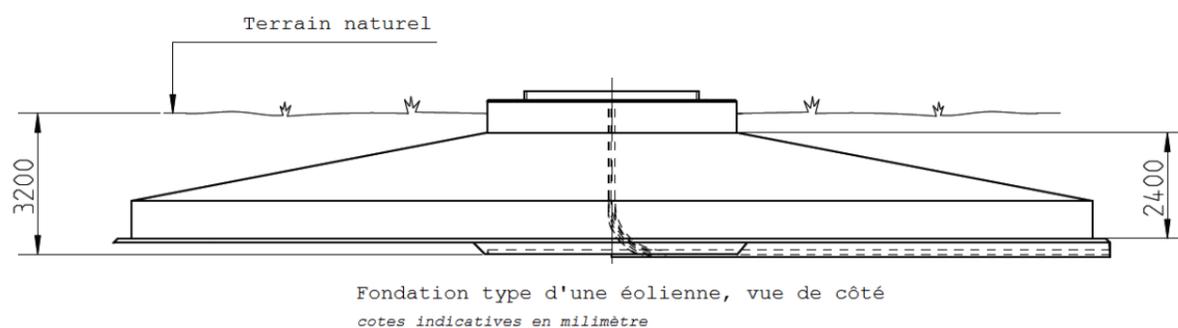


Figure 10 : Vue de côté d'une fondation type d'éolienne

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

II.3 SÉCURITÉ DE L'INSTALLATION

II.3.a RÈGLES DE CONCEPTION ET SYSTÈME QUALITÉ

Les aérogénérateurs 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 sont généralement 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 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 11 : 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.

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 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020).

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.

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 éoliennes 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 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).

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. Les centres les plus proches sont ceux de Troyes à environ 15 km et de Marigny-le-Châtel à environ 16 km.

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.) ont été communiqués au Service Départemental d'Incendie et de Secours

Une voie d'accès donne aux services d'interventions un accès facilité au site du parc éolien.

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 modifié, 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 modifié) :

- 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.

II.4.b MAINTENANCE PRÉDICTIVE

Les opérations de maintenance préventives préconisées par le constructeur sont détaillées dans ses manuels dédiés (cf 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 modifié).

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 août 2011 modifié.

En cas de déviance sur la production ou d'avaries techniques, une équipe de maintenance interviendra sur le site.

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 modifié, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes de Marguerite.

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien de Marguerite 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 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 ⁷	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 12 : Liste principale des produits utilisés dans les éoliennes de type Vestas (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.

⁷ Grasse = lubrifiant solide ; huile = lubrifiant liquide

III FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX DE L'INSTALLATION

III.1 RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE

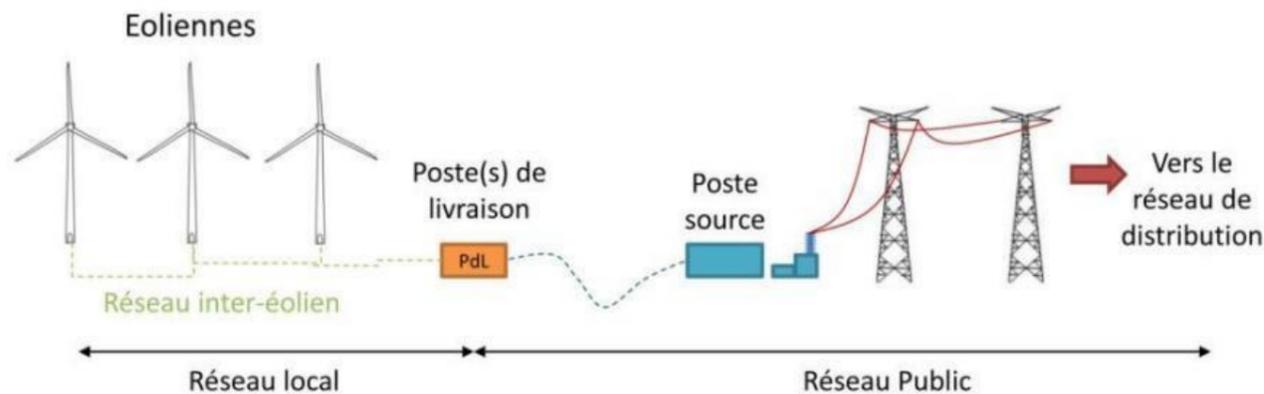


Figure 11 : Raccordement électrique des installations

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 éolien de Marguerite comporte 2 postes de livraison.

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.

H2air privilégie 2 hypothèses de raccordement : l'une au poste électrique de Troyes industrie (environ 12km) et l'autre au poste électrique de Crenay (environ 21 km).

Conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié, 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 de Marguerite 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.

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien de Marguerite 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...).

Pour exemple, la liste des produits utilisés dans une éolienne de type VESTAS est présentée dans le Tableau 12 : Liste principale des produits utilisés dans les éoliennes de type Vestas (Source : Vestas).

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

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien de Marguerite 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 de Marguerite 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 13 : 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 Vestas 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.

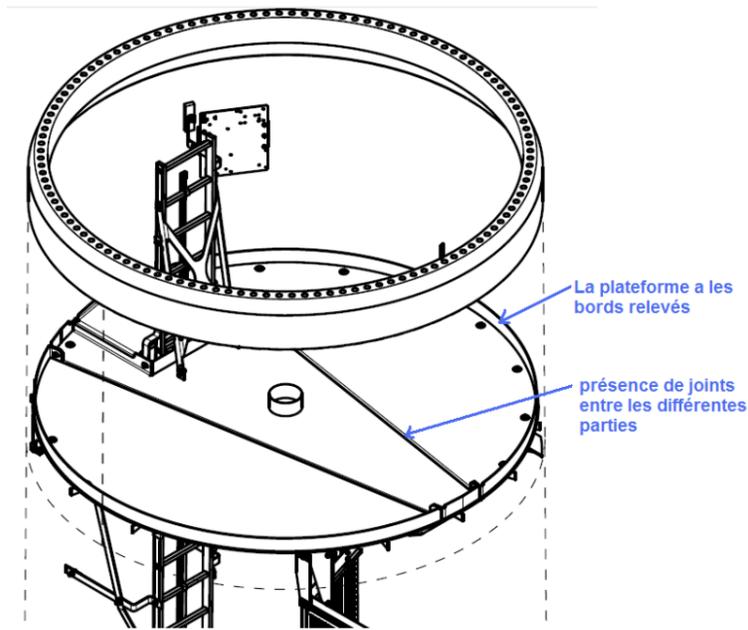


Figure 12: La plateforme supérieure de la tour fait office de bac de rétention de secours

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

H2air a retenu pour le développement de son projet éolien, le territoire des communes de Payns et Savières, pour ses caractéristiques favorables eu égard à ce type de projet. Les 5 éoliennes de Marguerite constituent l'extension du parc éolien existant SRS composé de 16 éoliennes. 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 d'ores et déjà exploitée ;
- un éloignement de plus de 500 m des habitations et zones urbanisables. Ce recul apparaît 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).

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

Les éoliennes choisies sont des modèles Vestas. Elles s'appuient sur l'expérience d'un constructeur historique d'éolienne et un leader mondial : 117 GW en fonctionnement et 17 % des capacités mondiales.

L'étude de danger a été menée pour une implantation pour une variante initiale constituée de 5 machines de modèle Vestas, ayant des caractéristiques correspondant au gabarit maximisé présenté dans cette étude :

- Eoliennes E3 Bis, E7 Bis : V100 (hauteur de moyeu 100m - puissance de 2,2 MW)
- Eolienne E12 Bis : V90 (hauteur de moyeu 105m - puissance de 2,0 MW)
- Eoliennes E16 Bis, E16 Ter : V117 (hauteur de moyeu 106m - puissance de 3,45 MW)

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 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 à minima de deux extincteurs placés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. 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 de Marguerite, 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 de La Romaine. 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 : 15/07/2021) ;
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éolien (dernière consultation : 23/04/2013) ;
- Site Internet de l'association « Vent de Colère » (dernière consultation : 23/04/2013) ;
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » (dernière consultation : 23/04/2013) ;
- 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 95 incidents a pu être recensé entre 2000 et juillet 2021 (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 juillet 2021

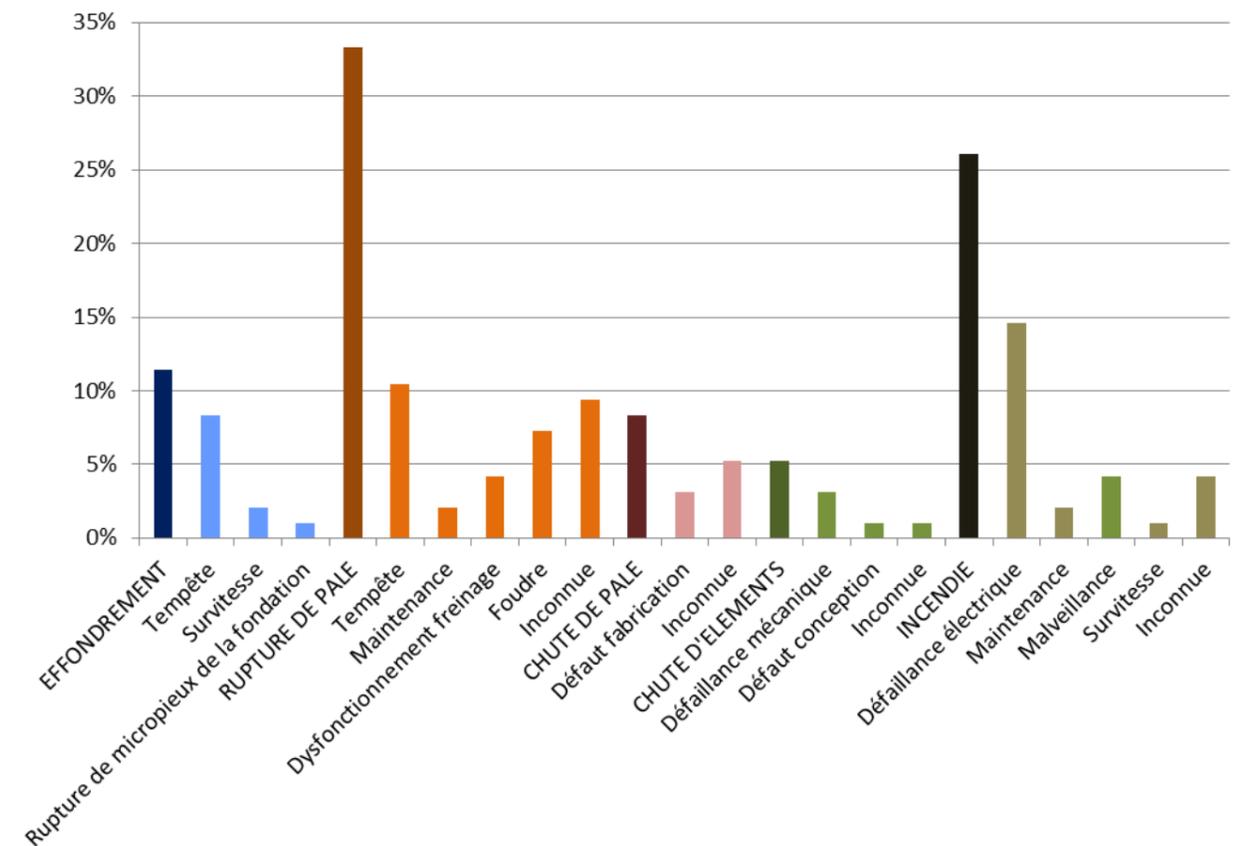


Figure 13 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et juillet 2021

Le graphique précédent montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et juillet 2021. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs.

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 30 June 2021 » en date du 09 janvier 2020, (source : <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/AccidentStatistics.htm>), est de 3032 dont 156 sont recensés comme des accidents fatals ayant engendré 220 décès (127 décès parmi le personnel direct de l'industrie éolienne et 93 personnes extérieures).

Sur les 3032 accidents décrits dans le rapport, 1153 accidents sont considérés comme des « accidents majeurs » et pris en compte dans l'étude de dangers selon la répartition suivante :

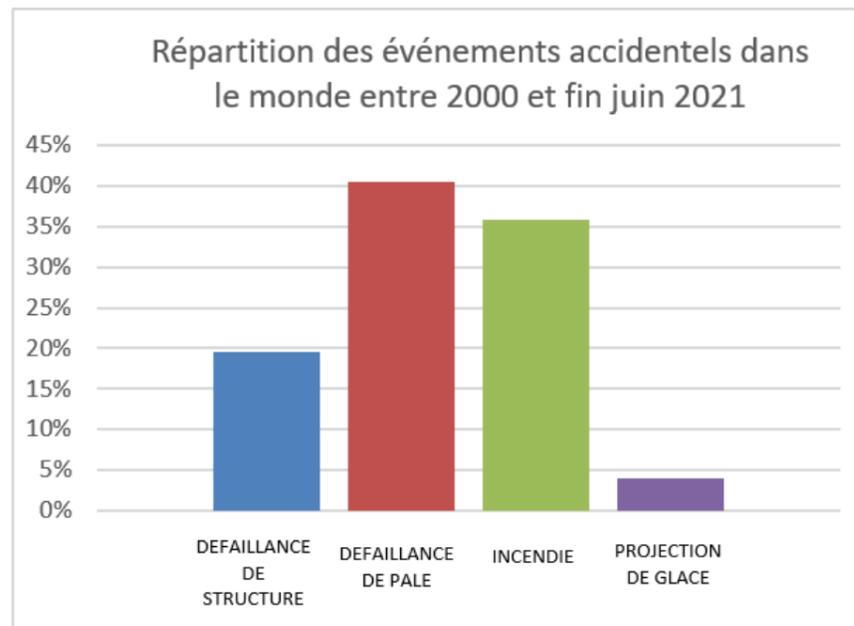


Figure 14 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et fin juin 2021

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.

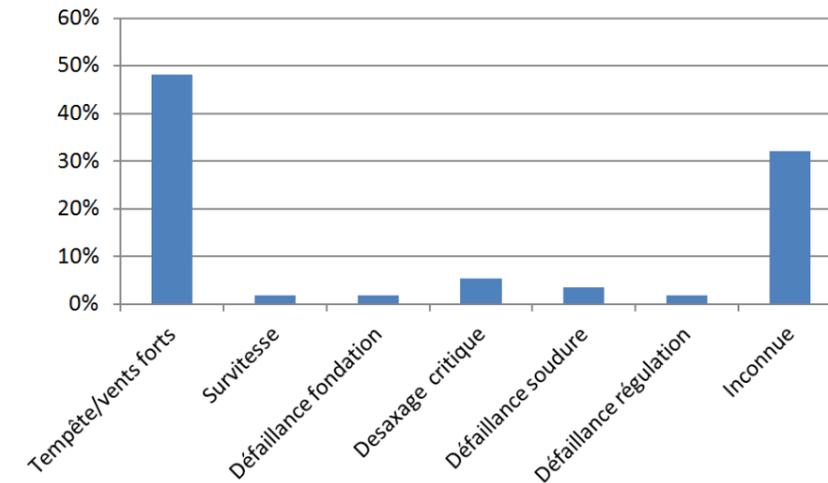


Figure 15 : Répartitions des causes premières d'effondrement issues du guide technique INERIS de 2012

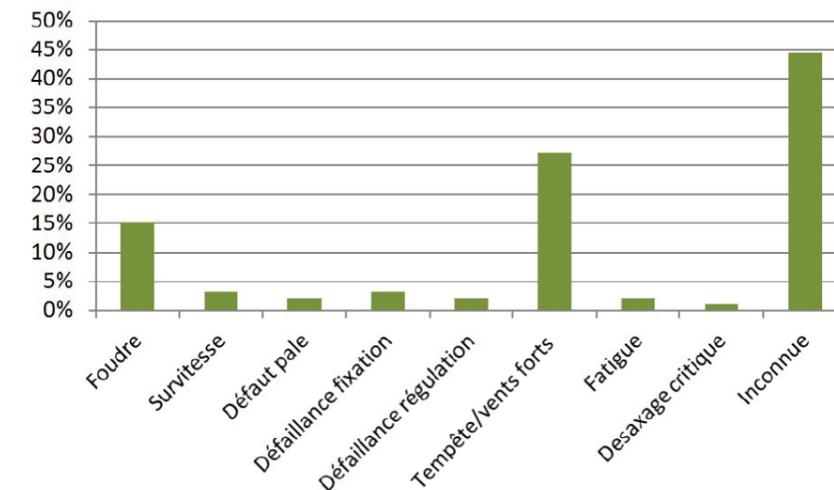


Figure 16 : Répartitions des causes premières de rupture de pale issues du guide technique INERIS de 2012

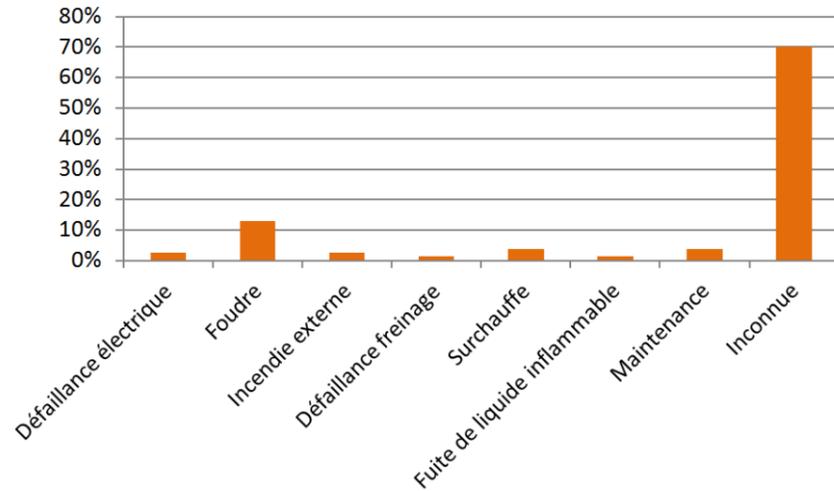


Figure 17 : Répartitions des causes premières d'incendie issues du guide technique INERIS de 2012

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.

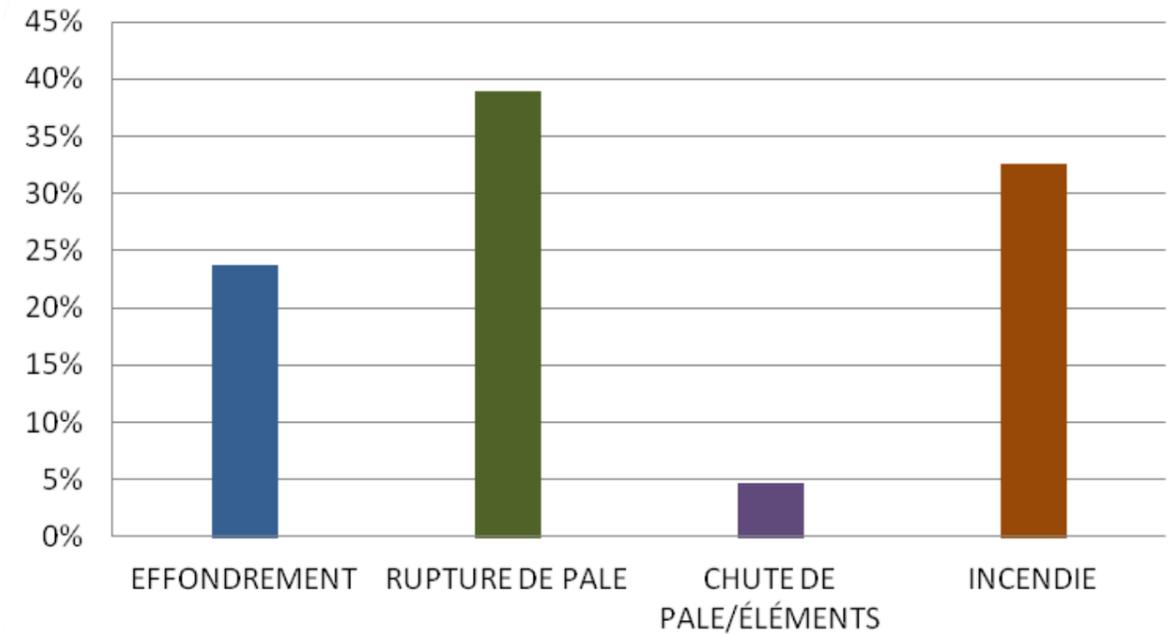


Figure 18 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

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).

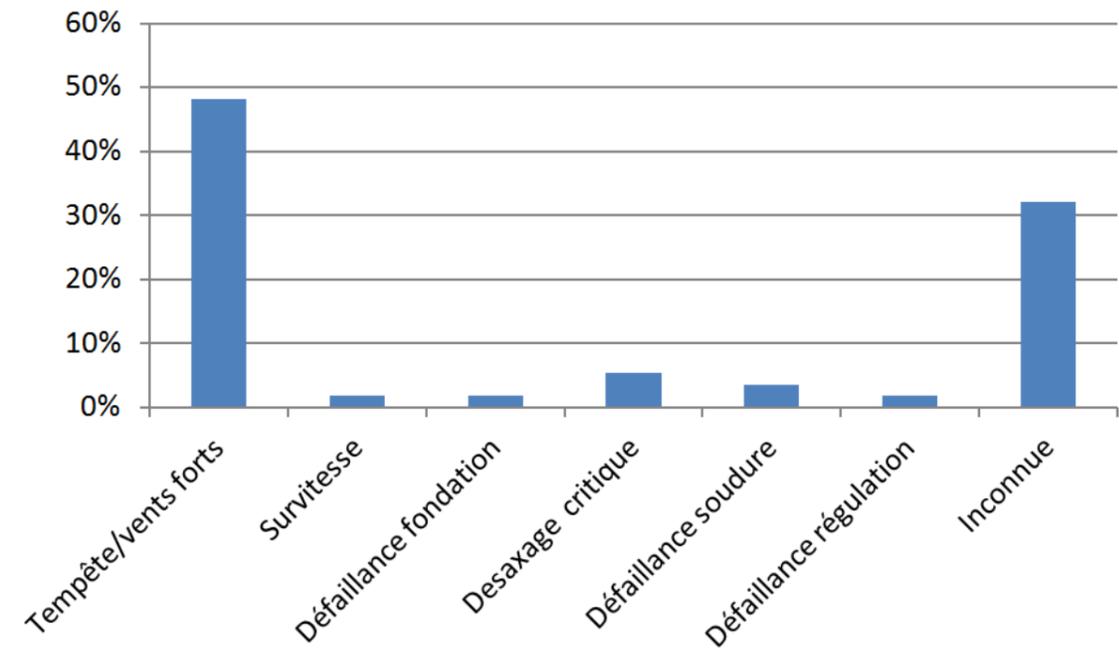


Figure 19 : Répartition des causes premières d'effondrement

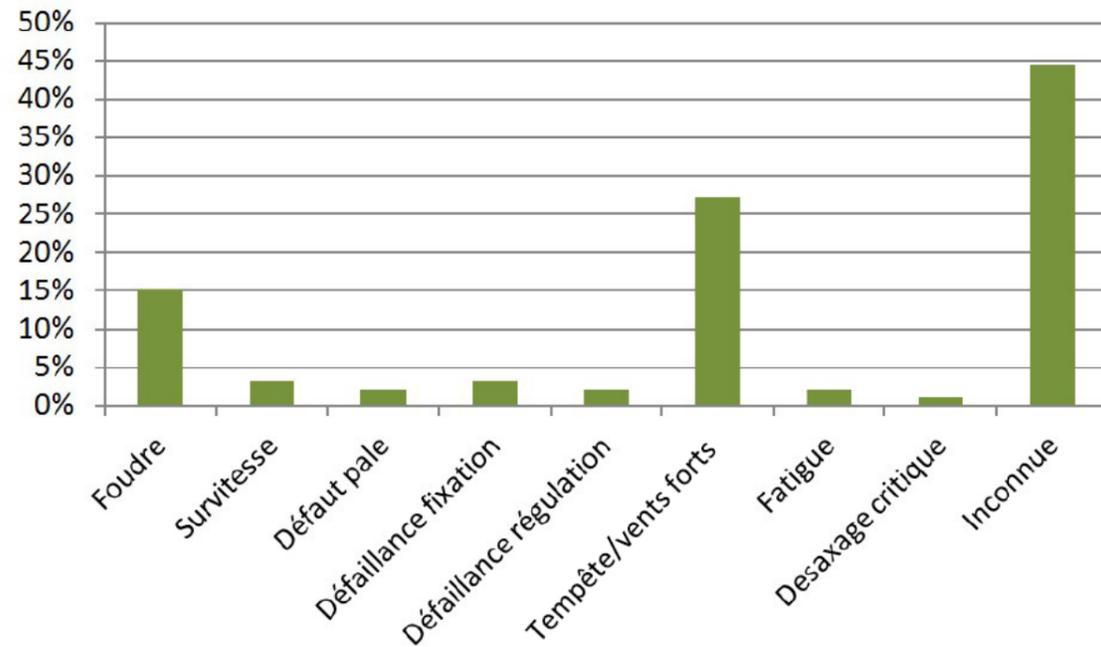


Figure 20 : Répartition des causes premières de rupture de pale

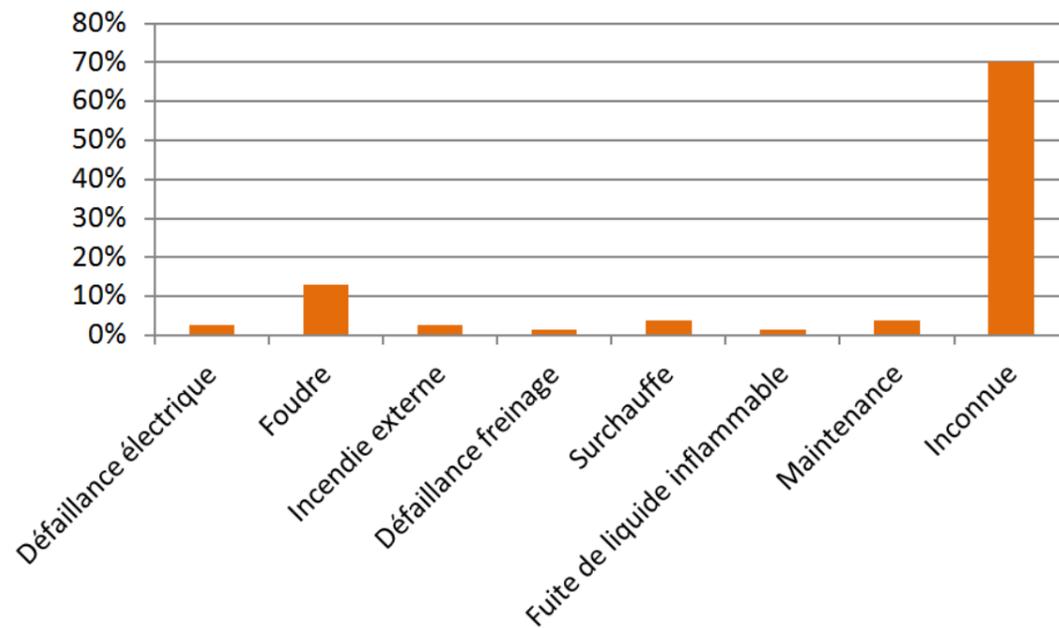


Figure 21 : Répartition des causes premières d'incendie

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

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.

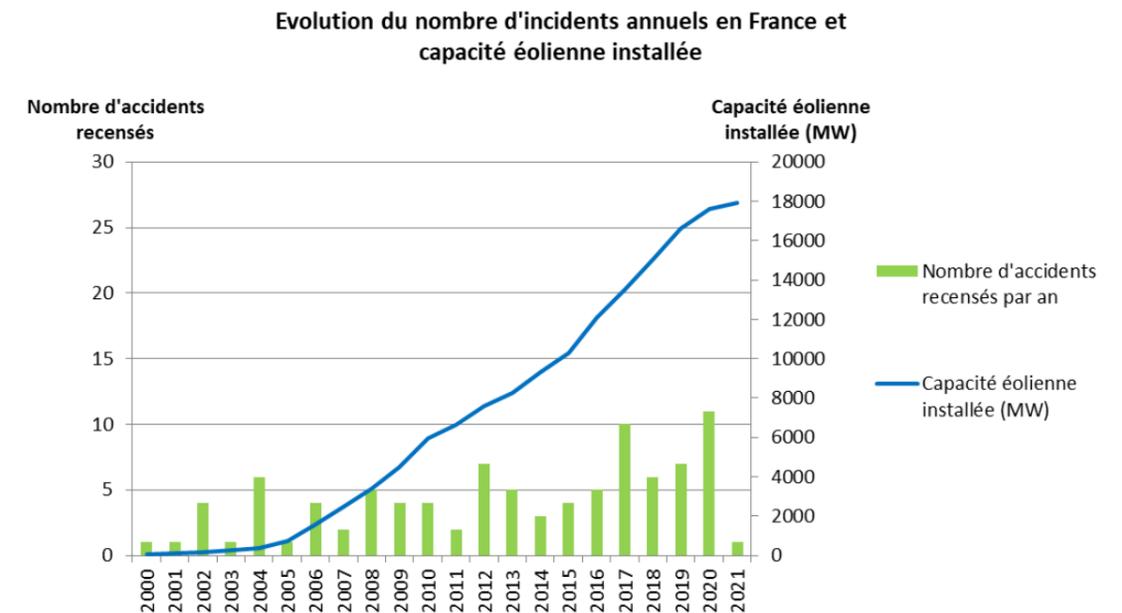


Figure 22 : Evolution du nombre d'incidents annuels et de la capacité éolienne installée

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	La RD165, route du réseau non structurant passe à 150 m d'E12bis. Aucune autre route ne se situe à moins de 200 m d'une éolienne.
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Absence d'aérodrome dans un rayon de 2000 m autour des installations.
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Aucune ligne électrique n'est recensée dans l'aire d'étude (R=500m).
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	4 aérogénérateurs du parc éolien SRS en fonctionnement sont présents à moins de 500 m du projet éolien de Marguerite. E3 se situe à 346 m d'E3bis E7 se situe à 408m d'E7bis E12 se situe à 433m d'E12bis E16 se situe à 436 m d'E16bis

Tableau 14 : 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 agricoles.

A la vue des éléments indiqués dans le tableau ci-dessus, 4 éoliennes du parc éolien SRS en fonctionnement peuvent être considérées comme des agresseurs externes liés aux activités humaines.

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, rafales maximales estimées entre 160 et 170 km/h au niveau de l'aire d'étude
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 sur l'aire d'étude.
Glissement de sols/ affaissement miniers	Aucun mouvement de terrains ni cavités ne sont recensés sur la zone d'étude. Aléa retrait/gonflement des argiles faible. Remontée de nappe / inondation : très faible à faible sur l'aire d'étude.
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 ». Le risque feux de forêt est qualifié de très faible sur l'aire d'étude en raison de l'occupation du sol majoritairement agricole.

Tableau 15 : 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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
Scénarios concernant la chute d'éléments de l'éolienne (C)						
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 (E)						
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 16 : 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.**

Dans le cadre du projet des éoliennes de Marguerite, en extension du parc SRS, il n'y a aucune installation ICPE à moins de 100 mètres des éoliennes.

Les éoliennes en fonctionnement sur le site SRS sont situées à 346 mètres, au minimum, des éoliennes du projet d'extension (distance séparant E3 existante d'E3 bis en projet).

Le méthaniseur se situe au plus près à 354 m de l'éolienne de E16ter.

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 de Marguerite. 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 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020).		
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 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.		
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 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.		

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 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020. 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 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020. 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 : - 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 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020. 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 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.

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 du Parc éolien de Marguerite souscrit un contrat de maintenance pour l'exploitation du parc éolien de Marguerite. 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 ⁸ 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 17 : 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.

⁸ 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 2005⁹, 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 2005⁹).

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 2005⁹ 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* ».

⁹ 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 18 : 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 19 : 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 20 : 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 de Marguerite :

- 150 m pour E3bis, E7bis, E12bis
- 165m pour E16bis et E16ter.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références ¹⁰ et¹¹). **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 de Marguerite. Les paramètres de calcul sont les suivants :

	R: Rayon du rotor	H: Hauteur du mât (centre du moyeu)	L: Largeur maximale du mât	LB : largeur maximale de la base de la pale
E3bis	50	100	4,2	3,9
E7bis	50	100	4,2	3,9
E12bis	45	105	4,2	3,9
E16bis	59	106	4	4
E16ter	59	106	4	4

¹⁰ 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

¹¹ Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieursgesellschaft, 2004

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
E3bis	712,5 m ²	70 685,78 m ²	1 %	Exposition forte
E7bis	712,5 m ²	70 685,78 m ²	1 %	Exposition forte
E12bis	704,25 m ²	70 685,78 m ²	0,99%	Exposition modérée
E16bis	778 m ²	85 529,79 m ²	0,91%	Exposition modérée
E16ter	778 m ²	85 529,79 m ²	0,91%	Exposition modérée

Tableau 21 : Intensité du phénomène d'effondrement d'éolienne

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

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 / Gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée : Pour E12 bis, E16bis et E16ter
« 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 22 : Classe de gravité retenue du scénarii « effondrement de l'éolienne » en intensité modérée

Intensité / Gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte : Pour E3bis et E7bis
« Désastreux »	Plus de 100 personnes exposées
« Catastrophique »	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Important »	Entre 1 et 10 personnes exposées
« Sérieux »	Au plus 1 personne exposée
« Modéré »	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement

Tableau 23 : Classe de gravité retenue du scénarii « effondrement de l'éolienne » en intensité forte

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 CIV 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) ou Linéaire (km)	Règle de calcul	Enjeux humains	
E3bis	terrains non aménagés et très peu fréquentés	6,84	1/100ha	0,093	Modéré
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,25	1/10ha		
E7bis	terrains non aménagés et très peu fréquentés	6,86	1/100ha	0,091	Modéré
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,22	1/10ha		
E12bis	terrains non aménagés et très peu fréquentés	6,86	1/100ha	0,091	Modéré
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,22	1/10ha		
E16 bis	terrains non aménagés et très peu fréquentés	8,00	1/100ha	0,14	Modéré
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,57	1/10ha		
E16ter	terrains non aménagés et très peu fréquentés	7,98	1/100ha	0,14	Modérée
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,59	1/10ha		

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 ¹²	4,5 x 10 ⁻⁴	Retour d'expérience
Specification of minimum distances ¹³	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'expérience¹⁴, soit une probabilité de 4,47 x 10⁻⁴ par éolienne et par an.

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

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

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

Ces mesures de sécurité sont notamment :

- respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1,
- contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages,
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage,

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

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 100 personnes sont exposées dans les zones d'effets de E3bis et E7bis et si moins de 1000 personnes sont exposées dans les zones d'effet de E12bis, E16bis et E16ter.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Marguerite, 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
E3bis	Modérée	Acceptable
E7bis	Modérée	Acceptable
E12bis	Modérée	Acceptable
E16bis	Modérée	Acceptable
E16ter	Modérée	Acceptable

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

Ainsi, pour les éoliennes de Marguerite, 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.**

¹²Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005

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

¹⁴ Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

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 WECO¹⁵, 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 les éoliennes de Marguerite, **la zone d'effet à donc un rayon de :**

- 50 mètres pour E3bis et E7bis,
- 45 mètres pour E12bis,
- 59 mètres pour E16 bis et E16ter.

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 de Marguerite. 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) :
 - 50 mètres pour E3bis et E7bis,
 - 45 mètres E12bis,
 - 59 mètres pour E16bis et E16ter.
- SG est la surface du morceau de glace majorant : $SG = 1 \text{ m}^2$.

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
E3bis	1 m ²	7 853,98 m ²	0,013% (<1%)	Exposition modérée
E7bis	1 m ²	7 854 m ²	0,013% (<1%)	Exposition modérée
E12bis	1 m ²	6 361, 72 m ²	0,016% (<1%)	Exposition modérée
E16bis	1 m ²	10 935,88 m ²	0,009% (<1%)	Exposition modérée
E16ter	1 m ²	10 935,88 m ²	0,009% (<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

¹⁵ Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000

développée au paragraphe CIV 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 associée¹⁶ :

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) ou Linéaire (km)	Règle de calcul	Enjeux humains (EH)	
E3bis	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,63	1 / 100 ha	0,022 (<1)	Modérée
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,16	1 / 10 ha		
E7bis	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,63	1 / 100 ha	0,022 (<1)	Modérée
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,16	1 / 10 ha		
E12bis	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,49	1 / 100 ha	0,020 (<1)	Modérée
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,15	1 / 10 ha		
E16bis	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,83	1 / 100 ha	0,033 (<1)	Modérée
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,25	1 / 10 ha		
E16ter	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,83	1 / 100 ha	0,033 (<1)	Modérée
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,25	1 / 10 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 de Marguerite, 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
E3bis	Modérée	Acceptable
E7bis	Modérée	Acceptable
E12bis	Modérée	Acceptable
E16bis	Modérée	Acceptable
E16ter	Modérée	Acceptable

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

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

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

¹⁶ Aucun chemin de randonnée n'est présent dans la zone d'effet de ce risque

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 détaillé des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments.

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor. Pour le parc éolien de Marguerite, **la zone d'effet à donc un rayon de :**

- 50 mètres pour E3bis et E7bis,
- 45 mètres pour E12bis,
- 59 mètres pour E16 bis et E16ter.

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 de Marguerite. Avec Z_I la zone d'impact et Z_E la zone d'effet, les paramètres de calcul sont :

	R: Rayon du rotor	LB : largeur maximale de la base de la pale
E3bis	50	3,9
E7bis	50	3,9
E12bis	45	3,9
E16bis	59	4
E16ter	59	4

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
E3bis	97,5 m ²	7 853,98 m ²	1,24%	Exposition forte
E7bis	97,5 m ²	7 853,98 m ²	1,24%	Exposition forte
E12bis	87,75 m ²	6 361,72 m ²	1,38 %	Exposition forte
E16bis	118 m ²	10 935,88 m ²	1,08 %	Exposition forte
E16ter	118 m ²	10 935,88 m ²	1,08 %	Exposition forte

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

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
E3bis	0,022	Sérieuse
E7bis	0,022	Sérieuse
E12bis	0,020	Sérieuse
E16bis	0,033	Sérieuse
E16ter	0,033	Sérieuse

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 » : « *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.

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 de Marguerite, 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
E3bis	Sérieux	Acceptable
E7bis	Sérieux	Acceptable
E12bis	Sérieux	Acceptable
E16bis	Sérieux	Acceptable
E16ter	Sérieux	Acceptable

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

Ainsi, pour le parc éolien de Marguerite, 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 éolienne¹⁷.

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres^{18 19}.

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 de Marguerite. Avec Z_I la zone d'impact et Z_E la zone d'effet, les paramètres de calcul sont :

	R: Rayon du rotor	LB : largeur maximale de la base de la pale	RE : Zone de 500 m autour de l'éolienne
E3bis	50	3,9	500 m
E7bis	50	3,9	500 m
E12bis	45	3,9	500 m
E16bis	59	4	500 m
E16ter	59	4	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
E3bis	97,5 m ²	785 398,2 m ²	0,012 %	Exposition modérée
E7bis	97,5 m ²	785 398,2 m ²	0,012 %	Exposition modérée
E12bis	87,75 m ²	785 398,2 m ²	0,011 %	Exposition modérée
E16bis	118 m ²	785 398,2 m ²	0,015 %	Exposition modérée
E16ter	118 m ²	785 398,2 m ²	0,015 %	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 ».

¹⁷ Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum

¹⁸ 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

¹⁹ Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004

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 CIV Cartographie de synthèse et adaptée 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 étudié et la gravité associée :

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)					
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)				Gravité
	Ensemble homogène	Surface (ha) ou Linéaire (km)	Règle de calcul	Enjeux humains	
E3bis	terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,28	1/100ha	25,05	Importante
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,42	1/10ha		
	RD619	0,687	35/km		
E7bis	terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,277	1/100ha	25,24	Importante
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,428	1/10ha		
	RD619	0,656	35/km		
	Chemin de petite randonnée	0,638	2/km		
E12bis	terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,39	1/100ha	1,09	Sérieuse
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	32,31	1/10ha		
E16 bis	terrains non aménagés et très peu fréquentés	75,86	1/100ha	9,38	Sérieuse
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,84	1/10ha		
	RD442	0,613	13,6/km		
E16ter	terrains non aménagés et très peu fréquentés	72,96	1/100ha	9,98	sérieuse
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,84	1/10ha		
	Unité de méthanisation	3,08	1		
	RD 442	0,587	13,6/km		

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 ²⁰	1 x 10 ⁻⁶	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines ²¹	1, 1 x 10 ⁻³	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances ²²	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 ;

²⁰ Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24

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 ingenieursgesellschaft, 2004

- 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 100 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien de Marguerite, 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
E3bis	Importante	Acceptable
E7bis	Importante	Acceptable
E12bis	Sérieuse	Acceptable
E16bis	Sérieuse	Acceptable
E16ter	sérieuse	Acceptable

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

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

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 référence²³ 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 :

- $1,5 \times (100+100) = 300$ mètres pour E3bis et E7bis,
- $1,5 \times (105+90) = 292,5$ mètres pour E12 bis
- $1,5 \times (106+117) = 334,5$ mètres pour E16bis et E16ter.

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures²⁴. 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.

²³ Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000

²⁴ Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003

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

	D: diamètre du rotor	H : hauteur au moyeu	SG : la surface du morceau de glace majorant
E3bis	100	100	1 m ²
E7bis	100	100	1 m ²
E12bis	90	105	1 m ²
E16bis	117	106	1 m ²
E16ter	117	106	1 m ²

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 CIV 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)						
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)					
	Ensemble homogène	Surface (ha) ou Linéaire (km)	Règle de calcul	Enjeux humains (EH)	Enjeux humains totaux	Gravité
E3bis	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	27,91	1/100ha	0,28	0,323	Modérée
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,43	1/10ha	0,043		
E7bis	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	27,69	1/100ha	0,28	1,32	Sérieuse
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,65	1/10ha	0,065		
	Chemin de petite randonnée	0,49 km	2/km	0,98		
E12bis	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	26,18	1/100ha	0,26	0,33	Modérée
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,75	1/10ha	0,075		
E16bis	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	34,22	1/100ha	0,34	0,44	Modérée
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,00	1/10ha	0,1		
E16ter	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	33,62	1/100ha	0,34	0,5	Modérée
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,60	1/10ha	0,16		

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
E3bis	1 m ²	282 743,34 m ²	0,0003% (< 1%)	Exposition modérée
E7bis	1 m ²	282 743,34 m ²	0,0003% (< 1%)	Exposition modérée
E12bis	1 m ²	268 782,89 m ²	0,0003% (< 1%)	Exposition modérée
E16bis	1 m ²	354 673,24 m ²	0,0003% (< 1%)	Exposition modérée
E16ter	1 m ²	354 673,24 m ²	0,0003% (< 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 disponible²⁴ 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.

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, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 ;
- 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 de éolien de Marguerite, 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
E3bis	Modérée	OUI	Acceptable
E7bis	Sérieuse	OUI	Acceptable
E12bis	Modérée	OUI	Acceptable
E16bis	Modérée	OUI	Acceptable
E16ter	Modérée	OUI	Acceptable

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

Ainsi, pour le parc éolien de de Marguerite, 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 dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale : 150 m pour E3bis, E7bis et E12bis 165 m pour E16bis et E16ter	Rapide	Forte pour E3 bis et E7bis Modérée pour les autres	D (Rare) (pour des éoliennes récentes)	Modérée pour toutes les éoliennes
2	Chute de glace	Zone de survol : Rayon de 50m pour E3bis et E7bis Rayon de 45m pour E12bis Rayon de 59m pour E16bis et E16ter	Rapide	Modérée	A (Courant)	Modérée pour toutes les éoliennes
3	Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol : Rayon de 50m pour E3bis et E7bis Rayon de 45m pour E12bis Rayon de 59m pour E16bis et E16ter	Rapide	forte	C (Improbable)	Sérieuse pour toutes les éoliennes
4	Projection d'éléments de l'éolienne	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Modérée	D (Rare) (pour des éoliennes récentes)	Sérieuse pour E12bis, E16bis et E16ter Importante pour E3bis et E7bis
5	Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne : 300 m pour E3bis et E7bis 292,5 m pour E12bis 334,5 m pour E16bis et E16ter	Rapide	Modérée	B (Probable)	Sérieuse pour E7bis Modérée pour E3bis, E12bis, E16bis, E16ter

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, elle même dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus, sera utilisée.

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		N°4 : Projection d'éléments de l'éolienne (E3bis et E7bis)			
Sérieux		N°4 : Projection d'éléments de l'éolienne (E12bis, E16bis et E16 ter)	N°3 : Chute d'élément de l'éolienne (toutes les éoliennes)	N°5 : Projection de glace (E7bis)	
Modéré		N°1 : Effondrement de l'éolienne (toutes les éoliennes)		N°5 : Projection de glace (E3bis, E12bis, E16bis, E16ter)	N°2 : Chute de glace (toutes les éoliennes)

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

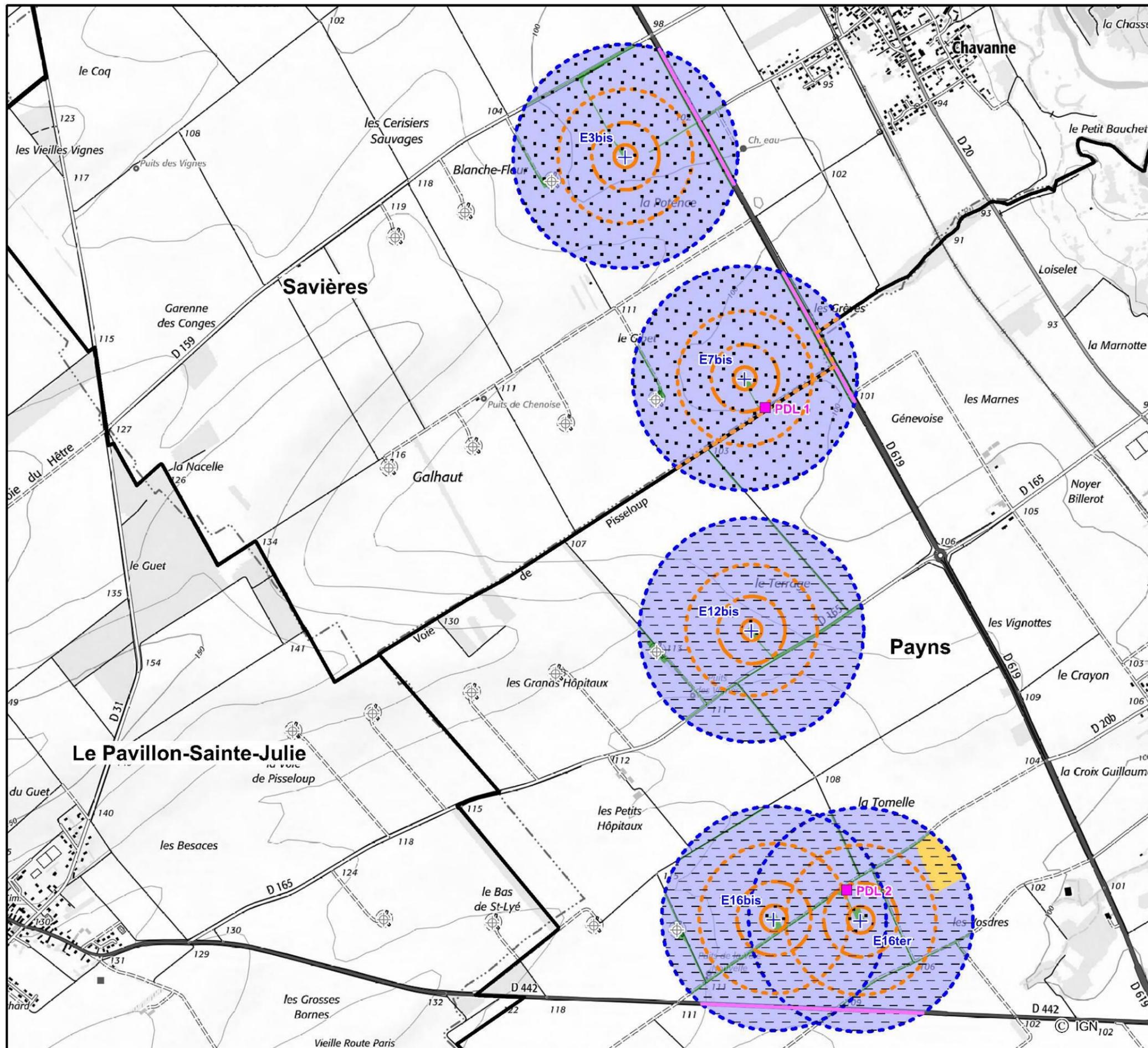
Mise en place des mesures de sécurité, seront mises en place.

L'analyse des risques ne nous conduit à retenir aucun des évènements pour une étude détaillée de réduction des risques, puisqu'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 **les éoliennes de Marguerite**.



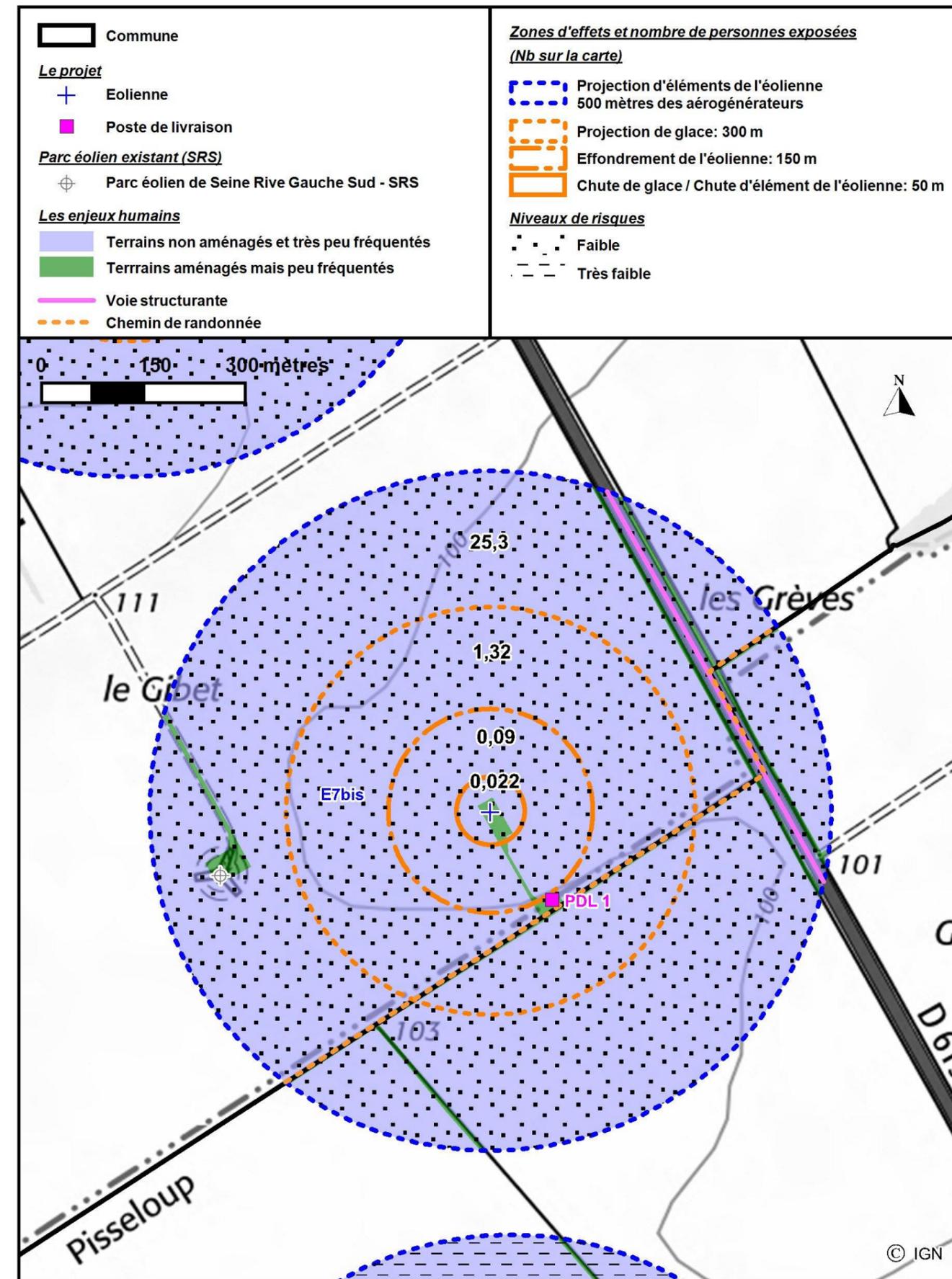
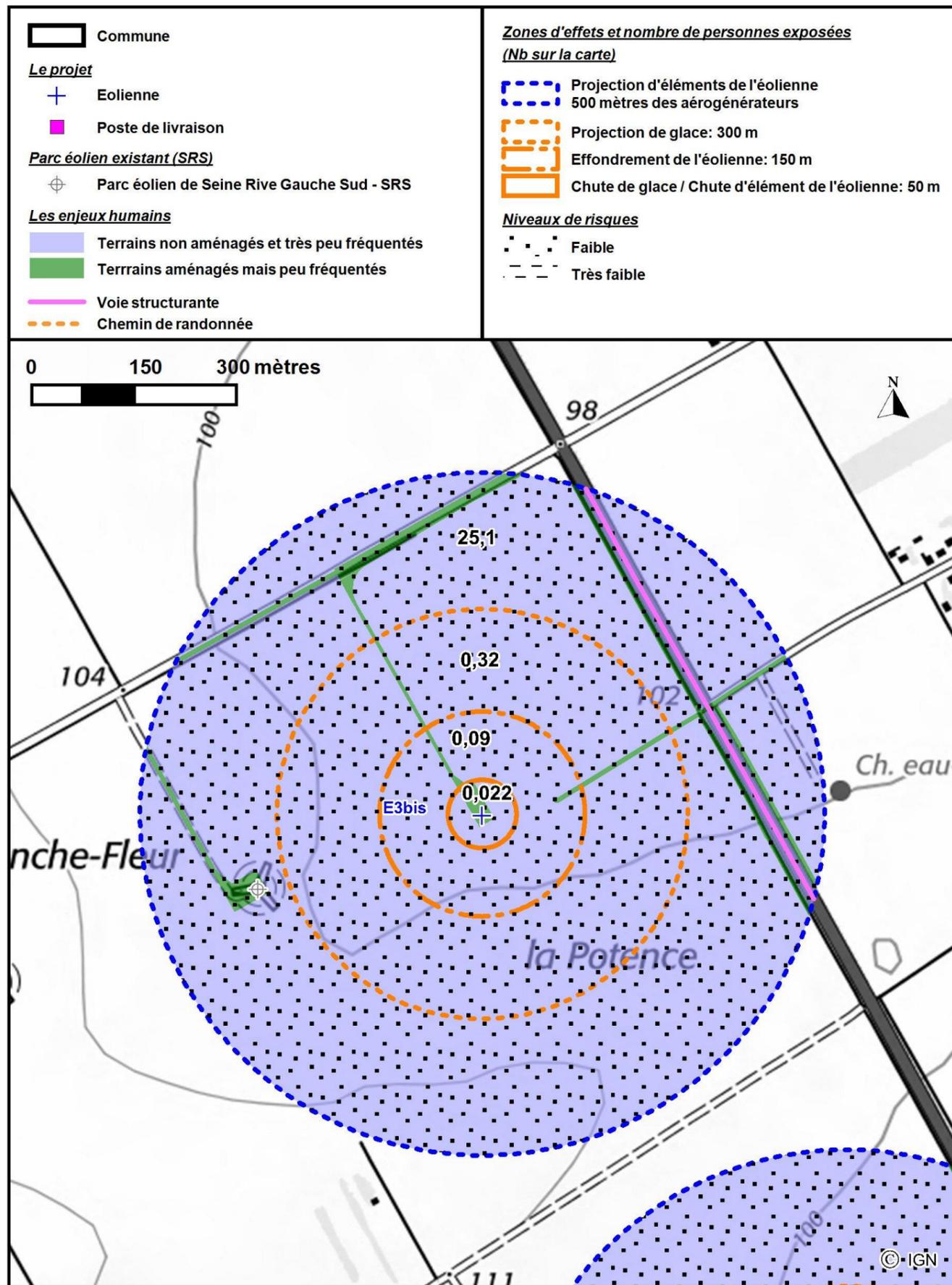
Cartographie des risques

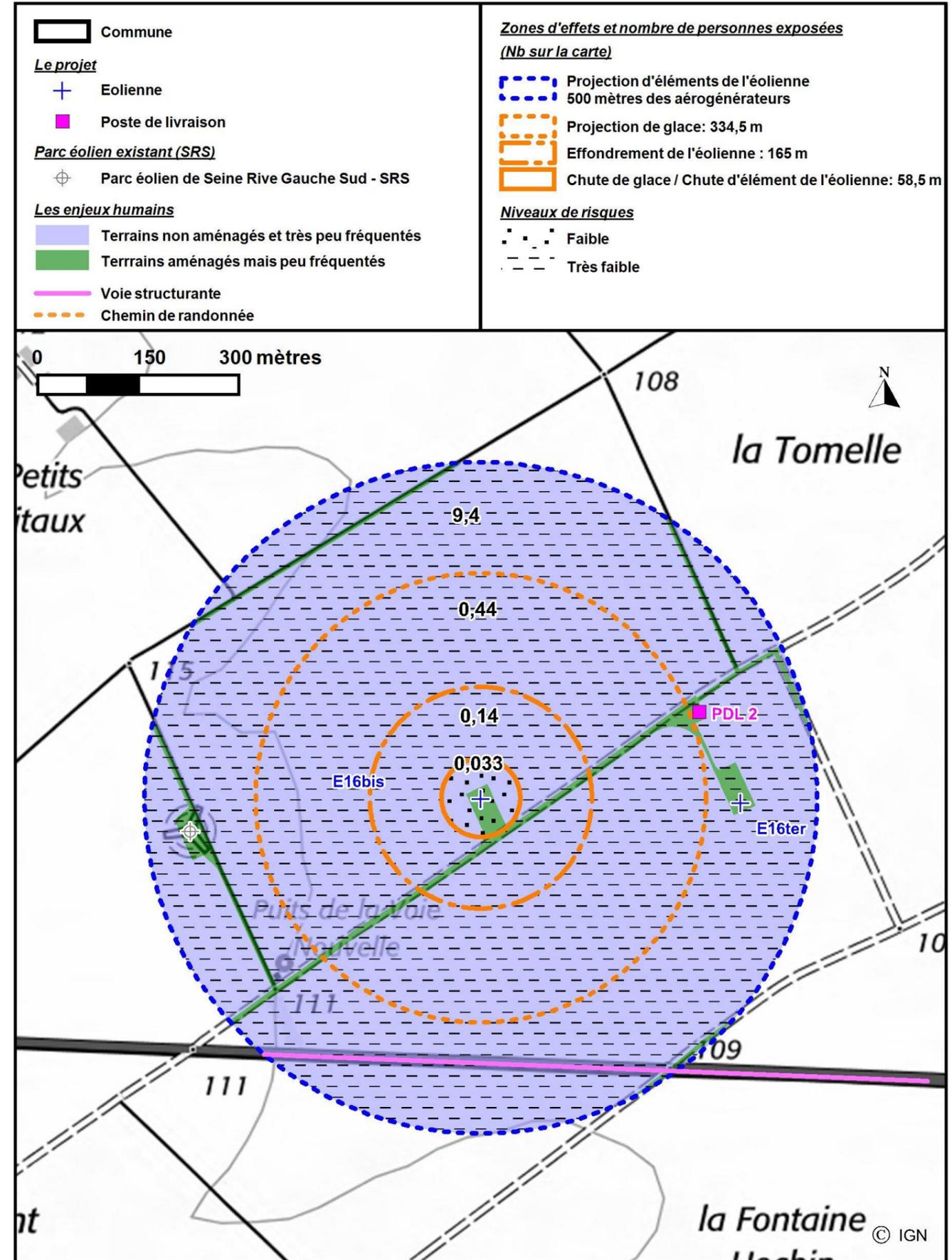
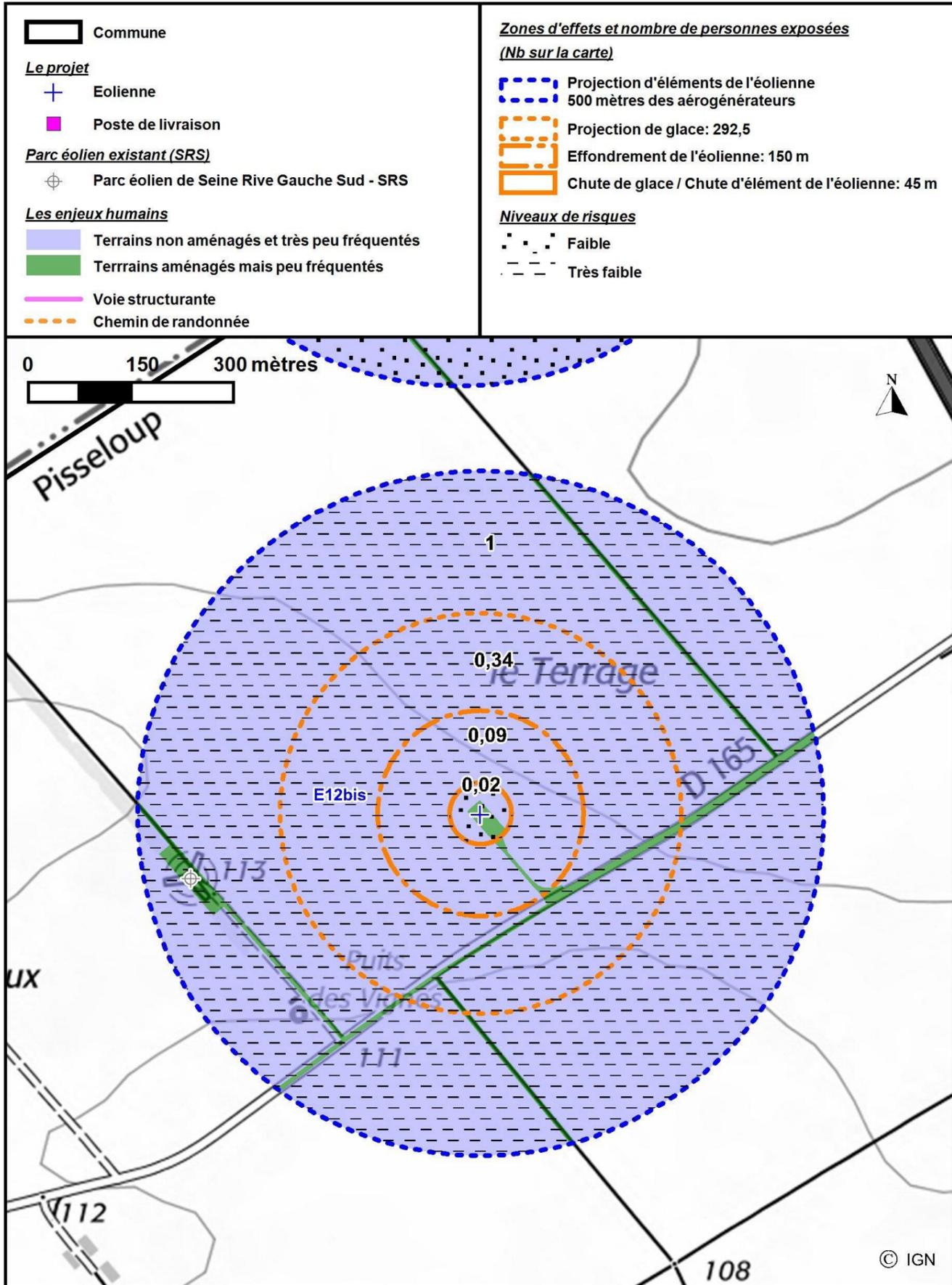
- Commune
- Le projet**
- + Eolienne
- Poste de livraison
- Parc éolien existant (SRS)**
- ⊕ Parc éolien de Seine Rive Gauche Sud - SRS
- Les enjeux humains**
- Terrains non aménagés et très peu fréquentés
- Terrains aménagés mais peu fréquentés
- Terrains aménagés et potentiellement fréquentés
- Voie structurante
- Chemin de randonnée
- Zones d'effets**
- Projection d'éléments de l'éolienne
- 500 mètres des aérogénérateurs
- Projection de glace:
- 292,5 m de E12bis,
- 300 m de E3bis et E7bis,
- 334,5 m de E16bis et E16ter
- Effondrement de l'éolienne
- 150 m de E3bis, E7bis et E12bis,
- 165 m de E16bis et E16ter
- Chute de glace / Chute d'élément de l'éolienne
- 45 m de E12bis,
- 50 m de E3bis et E7bis,
- 58,5 m de E16bis et E16ter
- Niveaux de risques**
- Faible
- Très faible

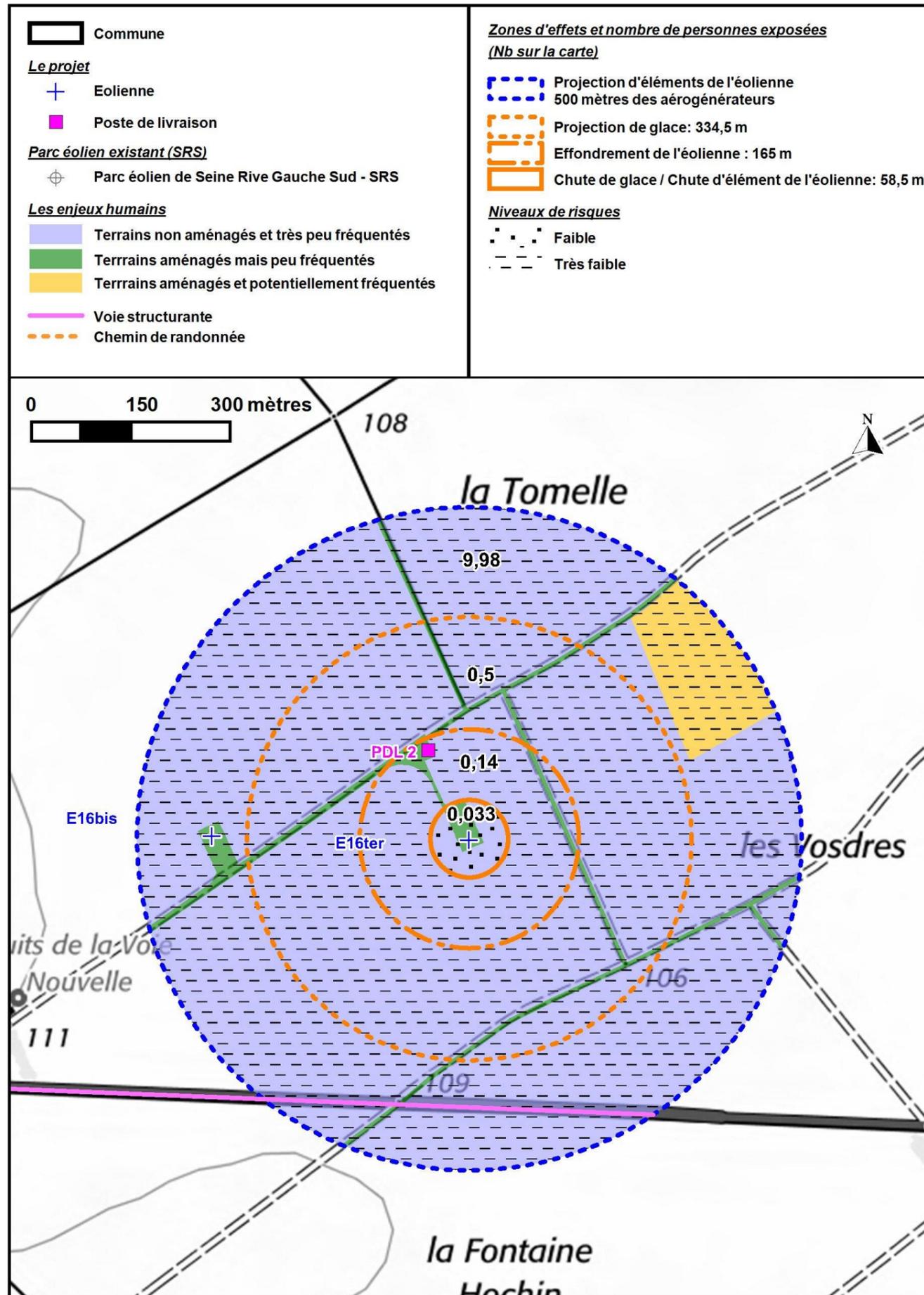
**Parc éolien
Eoliennes de Marguerite
Projet d'extension du parc éolien
"Seine Rive-Gauche Sud"**



© IGN 102







I CONCLUSION

L'analyse du retour d'expérience recensant les accidents et les incidents survenus sur les installations éoliennes et l'analyse préliminaire des risques ont permis d'identifier cinq scénarios d'accidents majeurs concernant le parc éolien de Marguerite :

- 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	Intensité	Probabilité	Gravité	Niveau de risque/ Acceptabilité
1	Effondrement de l'éolienne	Forte pour E3 bis et E7bis Modérée pour les autres	D (Rare) (pour des éoliennes récentes)	Modérée Pour toutes les éoliennes (<1 personne exposée)	Risque très faible Acceptable
2	Chute de glace	Modérée	A (Courant)	Modérée Pour toutes les éoliennes (<1 personne exposée)	Risque faible Acceptable
3	Chute d'élément de l'éolienne	Forte	C (Improbable)	Sérieuse Pour toutes les éoliennes (< 10 personne exposée)	Risque faible Acceptable
4	Projection d'éléments de l'éolienne	Modérée	D (Rare) (pour des éoliennes récentes)	Important pour E3bis et E7bis (<100 personne exposée)	Risque faible Acceptable
				Sérieuse pour E12bis, E16bis et E16ter (< 10 personnes exposées)	Risque très faible Acceptable
5	Projection de glace	Modérée	B (Probable)	Sérieuse pour E7bis (< 10 personnes exposées)	Risque faible Acceptable
				Modérée pour E3bis, E12bis, E16bis, E16ter (<1 personne exposée)	Risque très faible Acceptable

Le parc éolien de Marguerite respecte l'ensemble des prescriptions réglementaires de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des 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 de Marguerite, 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 : Situation de l'installation	11
Carte 2 : Zones urbanisées.....	13
Carte 3 Les risques naturels.....	17
Carte 4 : Les voies de communication	20
Carte 5 : Réseaux et servitudes, milieu humain	23
Carte 6 : Cartographie de synthèse	26
Carte 7 : Plan des aménagements	31
Carte 8 : Cartographie de synthèse des risques	80
Carte 9 : Cartographie de synthèse des risques E3bis.....	81
Carte 11 : Cartographie de synthèse des risques E7bis.....	81
Carte 12 : Cartographie de synthèse des risques E12bis.....	82
Carte 13 : Cartographie de synthèse des risques E16bis.....	82
Carte 14 : Cartographie de synthèse des risques E16ter	83

FIGURES

Figure 1 Typologie climatique du territoire français	15
Figure 2 : Données climatiques de la ville de Troyes.....	15
Figure 3 : Rose énergétique et rose de fréquence	16
Figure 4 : Extrait des statistiques en ligne de foudroiement 2008-2017 (source : Météorage) ...	18
Figure 5 : Les composants d'un parc éolien.....	27
Figure 6 : Les composants d'une éolienne.....	28
Figure 7 : Emprise d'une éolienne (dimension fournies à titre informatifs)	29
Figure 8 : Exemple de nacelle (source : Vestas).....	34
Figure 9 : Présentation et localisation du générateur	34
Figure 10 : Vue de côté d'une fondation type d'éolienne.....	36
Figure 11 : Raccordement électrique des installations	43
Figure 12: La plateforme supérieure de la tour fait office de bac de rétention de secours	47
Figure 10 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et juillet 2021.....	49
Figure 11 : Répartition des évènements accidentels dans le monde entre 2000 et fin juin 2021	50
Figure 12 : Répartitions des causes premières d'effondrement issues du guide technique INERIS de 2012.....	50

Figure 13 : Répartitions des causes premières de rupture de pale issues du guide technique INERIS de 2012.....	50
Figure 14 : Répartitions des causes premières d'incendie issues du guide technique INERIS de 2012	51
Figure 15 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011	51
Figure 16 : Répartition des causes premières d'effondrement	51
Figure 17 : Répartition des causes premières de rupture de pale	52
Figure 18 : Répartition des causes premières d'incendie	52
Figure 19 : Evolution du nombre d'incidents annuels et de la capacité éolienne installée	52

TABLEAUX

Tableau 1 : Classement ICPE du parc éolien.....	7
Tableau 2 : Surface de l'aire d'étude par commune	9
Tableau 3 : Coordonnées géographiques des éoliennes et du poste de livraison.....	10
Tableau 4 : Risques inventoriés sur les communes accueillant l'aire d'étude (d'après georisques.fr).....	18
Tableau 5 : Catastrophes inventoriées sur les communes accueillant l'aire d'étude (d'après géorisque.fr)	18
Tableau 6 : Eloignement des éoliennes par rapport aux voies de communications les plus proches	21
Tableau 7 : Enjeux humains par éolienne	25
Tableau 8 : Les différents gabarits selon les éoliennes.....	30
Tableau 9 : Coordonnées des aérogénérateurs et des postes de livraison	30
Tableau 10 : Synthèse du découpage fonctionnel de l'installation	32
Tableau 11 : Principales normes de conceptions.....	37
Tableau 12 : Liste principale des produits utilisés dans les éoliennes de type Vestas (Source : Vestas)	42
Tableau 13 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation	46
Tableau 14 : Agressions externes liées aux activités humaines.....	54
Tableau 15 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels	55
Tableau 16 : Analyse préliminaire des risques	57
Tableau 17 : Noms des scénarios exclus	63
Tableau 18 : Intensité et degré d'exposition.....	65
Tableau 19 : Classe de gravité selon l'intensité du phénomène.....	65
Tableau 20 : Classe de probabilité.....	65
Tableau 21 : Intensité du phénomène d'effondrement d'éolienne	67
Tableau 22 : Classe de gravité retenue du scénarii « effondrement de l'éolienne » en intensité modérée	67

Tableau 23 : Classe de gravité retenue du scénarii « effondrement de l'éolienne » en intensité forte.....	67
Tableau 24 : Gravité du phénomène d'effondrement d'éolienne	67
Tableau 25 : Probabilité du phénomène d'effondrement d'éolienne	68
Tableau 26 : Acceptabilité du risque dû au phénomène d'effondrement d'éolienne.....	68
Tableau 27 : Intensité du phénomène de chute de glace	69
Tableau 28 : Gravité du phénomène de chute de glace.....	70
Tableau 29 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute de glace	70
Tableau 30 : Intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne	71
Tableau 31 : Gravité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne	72
Tableau 32 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute d'éléments de l'éolienne	72
Tableau 33 : Intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale	73
Tableau 34 : Gravité du phénomène de projection de pale ou de fragments de pale	74
Tableau 35 : Probabilité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale.....	74
Tableau 36 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de projection de pale ou de fragment de pale.....	75
Tableau 37 : Intensité du phénomène de projection de glace.....	76
Tableau 38 : Gravité du phénomène de projection de glace	76
Tableau 39 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de projection de glace.....	77
Tableau 40 : Synthèse des scénarios étudiés	78
Tableau 41 : Matrice de criticité	78
Tableau 42 : Légende de la matrice de criticité.....	78

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 véhicule/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 (juillet 2021). L'analyse de ces données est présentée dans la partie 0

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 caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian – Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-

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 10 00m 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'aérofrein 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	
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 défaillantes	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	
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	

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'éléments	4/09/2019	Escales	11				Un arrêt d'urgence d'une éolienne se déclenche sans cause identifiée. Cet arrêt anormalement brutal entraîne le détachement de 2 aérofrees. L'un est retrouvé à 5 m du pied de l'éolienne, l'autre à 65 m. L'exploitant arrête l'ensemble des éoliennes du parc, bloque mécaniquement le rotor et installe un périmètre de sécurité de 20 m.	Arrêt d'urgence d'une éolienne	Base de données ARIA	
Chute d'élément	28/11/2019	Hangest en Santerre	80				Le capot se situant à l'extrémité de la nacelle d'une éolienne se décroche et tombe au sol. L'éolienne concernée, ainsi que l'ensemble du parc sont mis à l'arrêt	L'exploitant et l'opérateur de maintenance inspectent l'éolienne et l'ensemble du parc.	Base de données ARIA	
Perte de contrôle	6/12/2019	Avelanges	21				L'incident se produit au cours de la préparation à la mise en service de l'éolienne. La mise en mouvement non contrôlée est due à une erreur de positionnement des angles des pales la veille de l'accident à 18 h et à la présence de vent violent.	L'exploitant renforce la procédure de positionnement des pales avec un contrôle extérieur obligatoire malgré le brouillard ou l'obscurité	Base de données ARIA	
Chute d'une partie de la pale d'une éolienne	9/12/2019	La Forêt de Tesse	16				Chute d'un bout de pale de 7 m d'une des 12 éoliennes du parc. L'éolienne s'arrête et l'exploitant met en sécurité les 11 autres éoliennes. Un périmètre de sécurité de 150 m et une surveillance sont mis en place pour interdire l'accès au public.	La pale s'est brisée en 3 morceaux principaux. La dernière inspection du constructeur réalisée par drone 8 mois plus tôt n'avait révélé aucun défaut	Base de données ARIA	
Incendie	16/12/2019	Poinville	28				Les gaines protectrices des câbles de puissance ont brûlé sur 10 m de long	L'exploitant inspecte toutes les autres éoliennes du même type. Il transmet l'information au fabricant et à la filière	Base de données ARIA	
Incendie	17/12/2019	Ambonville	52				Un feu se déclare en partie basse d'une éolienne. Les pompiers interviennent à l'aide d'un extincteur à poudre.	L'origine du départ de feu serait liée à une défaillance électrique.	Base de données ARIA	
Chute d'un joint de pale	22/01/2020	St-Seine-L'Abbaye	21				Chute d'un joint de pale sous l'éolienne qui avait déjà glissé et dont l'intervention de maintenance était prévue.	Défaillance du collier de serrage sous dimensionné	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	9/02/2020	Beaurevoir	02				Une pale d'une éolienne se brise lors du passage de la tempête Ciara. L'exploitant sécurise la zone. L'éolienne était à l'arrêt, pour une opération de maintenance, au moment de la tempête.	Tempête	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	
Rupture d'une pale sur une éolienne	26/02/2020	Theil-Rabier	16				Une pale d'éolienne se rompt. L'éolienne s'arrête en sécurité et le reste des machines du parc sont mises à l'arrêt à distance par l'exploitant. Un périmètre de sécurité est mis en place. Le morceau principal reste accroché à la base de la pale.	L'hypothèse de rupture est liée à un défaut interne de la pale.		Des fragments de fibre sont retrouvés au sol au pied de la machine.
Incendie sur une éolienne	29/02/2020	Boisbergues	80				Un feu se déclare au niveau du moteur d'une éolienne. L'électricité est coupée et l'éolienne est mise à l'arrêt. Le feu est resté sur le mât sans atteindre les pâles.	L'incendie est probablement dû à une fuite d'huile	Base de données ARIA	
Incendie d'une nacelle d'une éolienne	24/03/2020	Flavin	12				Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne, l'exploitant déconnecte l'éolienne.	Fonctionnement normal de l'éolienne et la météo peu contraignantes, des coulures d'huiles sont visibles sur la partie supérieure du mât au moment de l'incident	Base de données ARIA	
Dégradation de la structure d'une pale d'éolienne	31/03/2020	Lehaucourt	02				Lors d'un contrôle visuel effectué depuis le sol, un technicien constate une fissure sur la pale d'une éolienne. Le défaut, identifié pour la première fois en novembre 2019	La fissure est due à un défaut de collage au moment de la fabrication de la pale.	Base de données ARIA	
Ecoulement d'huile hydraulique le long d'une éolienne	10/04/2020	Ruffiac	56				40 l d'huile s'écoulent le long du mât jusqu'au massif de fondation : pas d'atteinte du sol et nettoyage des zones affectées	L'origine de la fuite est un défaut au niveau de l'accumulateur de l'éolienne : enquête en cours	Base de données ARIA	
Incendie d'une éolienne au sol pour démantèlement	20/04/2020	Le Vauclin	972				L'incendie de l'huile du transformateur électrique se propage aux broussailles à proximité	Un court-circuit dû à un manicou (famille des marsupiaux) serait à l'origine de l'incendie	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
Pliure d'une pale d'éolienne	30/04/2020	Plouarzel	29			Non	Une pale de 20 m de long présente une pliure. Une partie de 1,5 m chute au sol. La pale aurait heurté plusieurs fois le mât avant de se briser	L'impact de foudre n'est pas écarté, ou une mauvaise orientation des pales, qui a pu entraîner un défaut généralisé	Base de données ARIA	Des débris sont présents dans un rayon de 60 m
Chute d'une pale complète	27/06/2020	Plemet	22				Une pale de 10 t se détache du rotor d'une éolienne. La pale a glissé le long des tiges métalliques qui la relient au rotor.	Cette déviation avait été identifiée par le constructeur en 2018 sur un lot spécifique de pale	Base de données ARIA	Les débris sont retrouvés au sol dans un rayon de 40 m
Dégagement de fumée en nacelle d'une éolienne	01/08/2020						De la fumée est visible et des débris tombent au pied de l'éolienne. Les pompiers interviennent au sol pour éteindre des départs de feu de broussailles. La fumée s'estompe d'elle-même.	Le dégagement de fumées résulte de l'échauffement des pièces de protection de la génératrice de l'éolienne : problème de conformité	Base de données ARIA	Un premier défaut électrique a provoqué la mise à l'arrêt de la machine avant le dégagement de fumées
Fuite d'huile	01/09/2020	Bouchy-Saint-Genest	51				Une fuite d'huile estimée à 20 l a atteint le sol au pied du mât. L'exploitant demande un diagnostic de pollution des sols afin d'étudier la nécessité de conduire des travaux de dépollution.	La fuite proviendrait d'un flexible allant d'un accumulateur à un collecteur de deux pales	Base de données ARIA	
Chute de débris de pale	12/01/2021	Saint-Georges-Sur-Arnon	36		2010	oui	Une pale d'une éolienne se disloque partiellement. La pale est en position verticale, déchirée depuis la base. Des lanières de matériau pendent le long du mât. La nacelle et les 2 autres pales de l'éolienne sont endommagées. Deux mois après l'incident, à la suite de l'évaluation de la stabilité de l'éolienne, l'exploitant accède à l'éolienne pour retirer les éléments instables	Usure normale.	Base de données ARIA	Des débris sont retrouvés au sol dans un rayon de 100 m. Plusieurs composants sont soumis aux intempéries. 10 jours après l'incident, un épisode de fort vent fait à nouveau chuter des éléments au sol, l'exploitant étend la zone d'exclusion à 200 m.

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.

I.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, ...).

I.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.

I.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 Mer²⁵
- 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 ingenieuresgesellschaft, 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

²⁵ 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	-

EOLIENNES DE MAGUERITE (10) - 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'élévateur de personnes
Système de détection d'arc électrique	Test du capteur de détection d'arc électrique du jeu de barres et dans la salle du transformateur
Système d'orientation nacelle (Yaw System)	Lubrification de la Couronne d'orientation Vérification du niveau d'huile des motoréducteurs, et remplissage si besoin Changement de l'huile des motoréducteurs tous les 10 ans Vérification et ajustement du couple de freinage
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.