

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale

Résumé non technique de l'étude de dangers

Parc éolien de Verrières

Commune de Verrières et Saint-Laurent-de-Jourdes (86)

Mars 2024



Photomontage du parc éolien de Verrières

Parc éolien de Verrières SAS

Business Center 4^e étage

3 avenue Gustave Eiffel - Téléport 1

86 360 Chasseneuil-du-Poitou

Siret : 98184294100016

Auteurs de l'étude de dangers :

Laure Barranger, cheffe de projet

Baptiste WAMBRE, responsable développement

SOMMAIRE

I.	INTRODUCTION	4
I.1	OBJECTIFS.....	4
I.2	CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE	4
II.	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	5
II.1	RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	5
II.2	LOCALISATION DU SITE.....	5
II.3	DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE	7
III.	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	7
III.1	ENVIRONNEMENT HUMAIN.....	7
III.2	ENVIRONNEMENT NATUREL.....	9
III.3	ENVIRONNEMENT MATERIEL.....	11
III.4	CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE.....	13
IV.	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	14
V.	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	16
VI.	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	17
VII.	ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	19
VII.1	DEFINITIONS.....	19
VII.2	SYNTHESE DES SCENARIOS ETUDIES	20
VII.3	SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE DES RISQUES.....	21
VII.4	CARTOGRAPHIE DES RISQUES	22

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Les zones climatique en France (<i>Source : Météo-France</i>)	10
Figure 2 : Rose des vents sur le long terme (2004-2019) (<i>Source : EOLISE</i>)	10
Figure 4 : Illustration d'une éolienne (<i>source : Eolise</i>)	15
Figure 5 : Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien	15

TABLES DES TABLEAUX

Tableau 1 : Distance entre les éoliennes et les habitations les plus proches	8
Tableau 2 : Synthèse des caractéristiques climatique de l'aire d'étude	9
Tableau 3 : Récapitulatif des risques naturels présents sur les communes de l'aire d'étude	10
Tableau 4 : Synthèse des risques naturels de l'aire d'étude	10
Tableau 5 : Coordonnées géographiques des installations du parc éolien	16
Tableau 6 : Scénarios exclus de l'étude détaillée des risques et justifications	17
Tableau 7 : Liste des MMR identifiées	18
Tableau 8 : Définition du degré d'exposition	19
Tableau 9 : Seuils de gravité	19
Tableau 10 : Classes de probabilité	20
Tableau 11 : Synthèse des scénarios étudiés	21
Tableau 12 : Matrice de criticité	21
Tableau 13 : Récapitulatif des risques étudiés pour E1	23
Tableau 14: Récapitulatif des risques étudiés pour E2	24
Tableau 15: Récapitulatif des risques étudiés pour E3	25
Tableau 16 : Récapitulatif des risques étudiés pour E4	26
Tableau 17 : Récapitulatif des risques étudiés pour E5	27
Tableau 18 : Récapitulatif des risques étudiés pour E6	28

I. INTRODUCTION

Le présent résumé non technique de l'étude de dangers concerne la création d'un parc éolien sur les communes de Verrières, Saint-Laurent-de-Jourdes et Bouresse, dans le département des Deux-Sèvres (86), et fait partie intégrante du dossier de demande d'autorisation environnementale au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

I.1 OBJECTIFS

L'étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la #SAS Parc éolien de Louin# pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien projeté à Verrières, Saint-Laurent-de-Jourdes et Bouresse (86), autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable.

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

Ainsi, cette étude doit permettre 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.

Le présent résumé non technique a pour but de faciliter la prise de connaissance par le public des informations contenues dans l'étude de dangers.

I.2 CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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 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, en termes laconiques, par l'article L.181-25 du Code de l'environnement.

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.

Enfin, cette étude de dangers s'appuie également sur les textes réglementaires et techniques suivants :

- 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 ICPE
- Le guide « Principes généraux pour l'élaboration et la lecture des études de dangers », édité en 2003 par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable
- L'arrêté ministériel 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
- Le guide technique « Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens », développé par France Énergie Éolienne, l'INERIS et le SER et validé par la DGPR en mai 2012.

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.

II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

II.1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Le porteur de projet et l'exploitant de l'installation projetée sont une seule et même entité. Il s'agit de la société SAS Parc éolien de Verrières, dont les caractéristiques sont fournies ci-après.

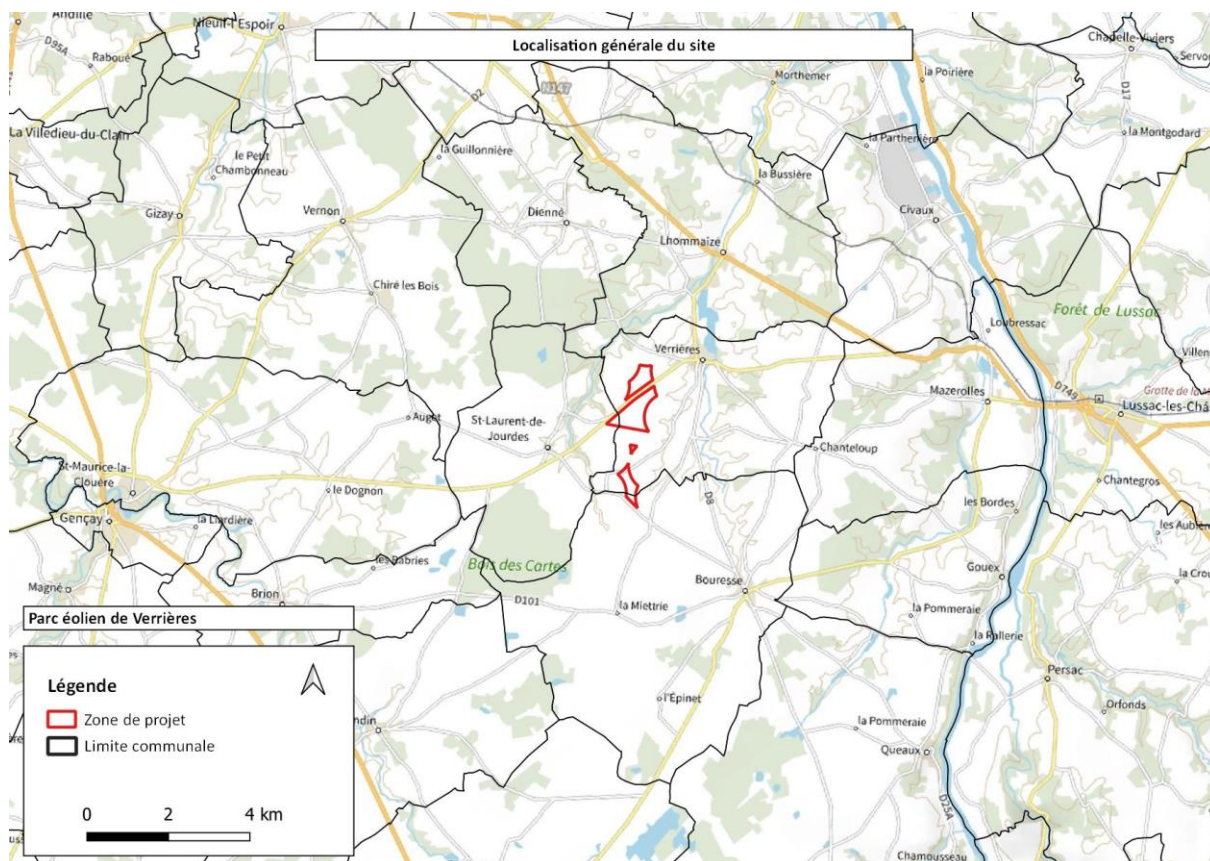
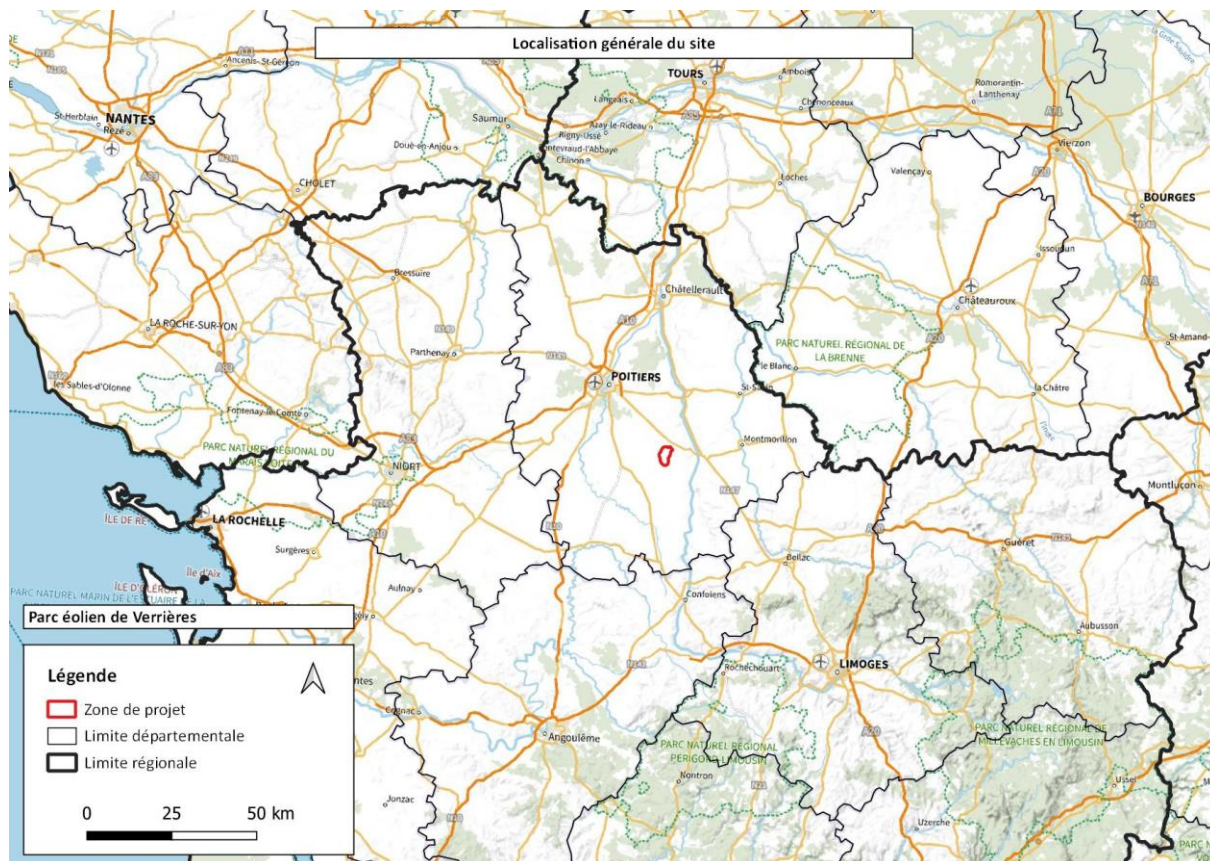
Nom du demandeur :	SAS Parc éolien de Verrières
Siège social :	Business Center – 4ème étage 3 avenue Gustave Eiffel – Teleport 1 86 360 CHASSENEUIL DU POITOU
Statut Juridique :	SAS (Société par Actions Simplifiée) au capital de 50 000 euros
Création :	20/11/2023
N° SIRET :	98184294100016
Code APE :	3511Z - Production d'électricité

L'étude de dangers du parc éolien de Verrières a été conduite et rédigée par la société Éolise, dont les caractéristiques sont les suivantes :

	Coordonnées : Immeuble Business Center – 4ème étage 3 avenue Gustave Eiffel – Teleport 1 86 360 CHASSENEUIL DU POITOU
	Auteurs de l'étude de dangers : Laure Barranger, cheffe de projet Baptiste WAMBRE, responsable développement

II.2 LOCALISATION DU SITE

Le parc éolien de Verrières, composé de 6 aérogénérateurs, est localisé sur les communes de Verrières et Saint-Laurent-de-Jourdes, dans le département des Deux-Sèvres (86), au nord-ouest de la région Nouvelle-Aquitaine



II.3 DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 mètres à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur.

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

La carte de situation ci-après présente l'emprise des éoliennes et du poste de livraison, la zone d'étude de 500 mètres autour de chaque éolienne, ainsi que les principaux éléments de l'environnement proche.

Les principaux éléments présents dans cette aire d'étude sont les suivants :

- Des parcelles agricoles
- Une route départementale
- Une ligne très haute tension
- Des petites voies communales et chemins ruraux.



III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

III.1 ENVIRONNEMENT HUMAIN

- **Habitations, zones urbanisées et urbanisables**

L'aire d'étude n'intègre aucune habitation. La plus proche se trouve à 645 m d'une éolienne, comme le montre le tableau suivant.

Tableau 1 : Distance entre les éoliennes et les habitations les plus proches

Commune	Lieu-dit	Eolienne concernée	Distance entre le mât de l'éolienne et l'habitation
Verrières	Le Verger	E1 *	785m
Verrières	La Rabardeau	E1	1027 m
Verrières	La Rairie	E1	924 m
Verrières	La Pouge	E2 *	780 m
Saint-Laurent-de-Jourdes	Chez Dandoult	E3 *	720 m
Saint-Laurent-de-Jourdes	Rouchoux	E4	681 m
Verrières	Brepouil	E4 *	645 m
Verrières	La Ferbouchère	E5*	707 m
Saint-Laurent-de-Jourdes	Rouchoux	E5	713 m
Verrières	Brepouil	E5	721 m
Bouresse	La Ferbouchère	E6*	705 m
Bouresse	La Quinatière	E6	730m

Aucune zone urbanisable n'est plus proche de l'aire d'étude que les habitations recensées précédemment.

- **Établissements recevant du public**

Il n'existe donc pas d'ERP dans la zone d'étude de 500 m des éoliennes.

- **ICPE et INB**

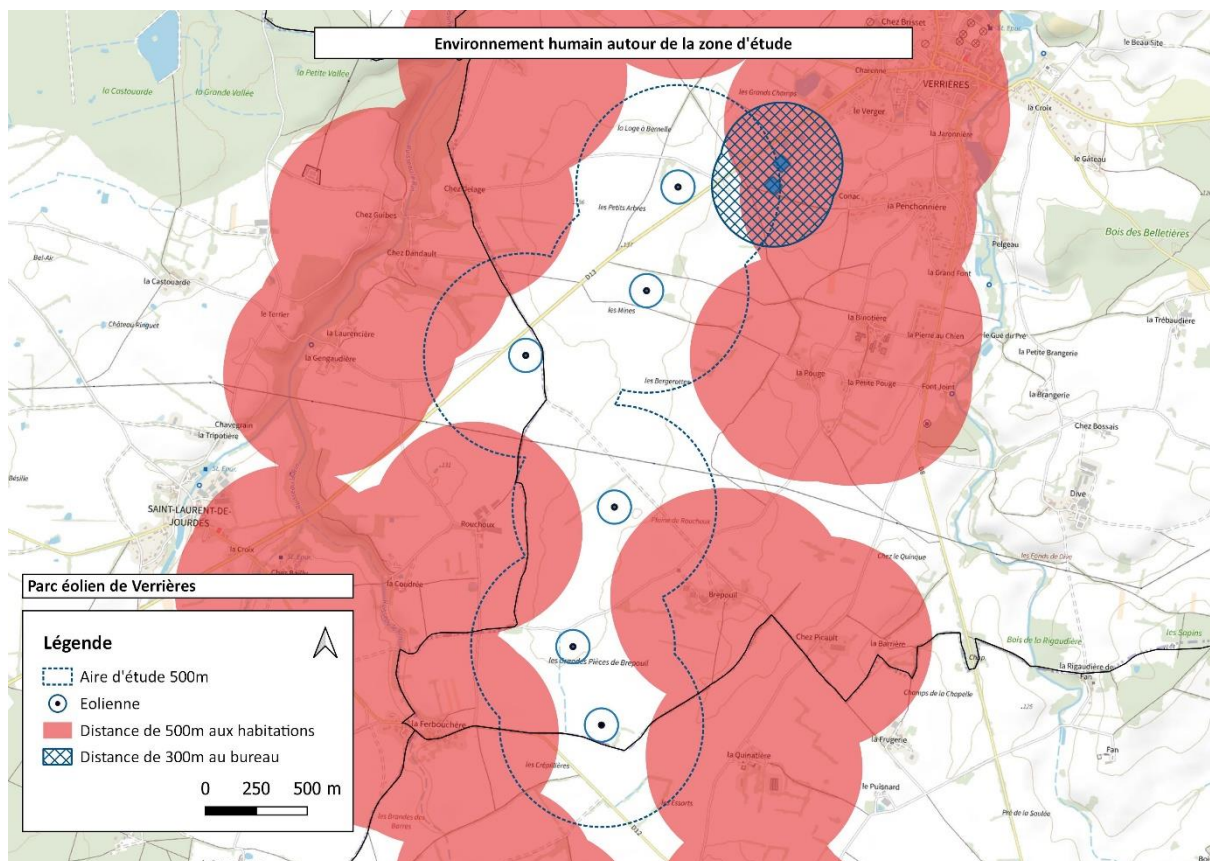
L'aire d'étude n'est concernée par aucune installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE), ni par aucune installation nucléaire de base (INB).

Les ICPE les plus proches sont :

- SCEA du Rivault, exploitation d'élevage sur la commune de Bouresse soumise à Autorisation à environ 4km de E6.
- L'entreprise Bellicaud Johan, élevage porcin sur la commune de St-Laurent-de-Jourdes à environ 1,5 km de l'éolienne E3
- Le garage Auzanneau sur la commune de Verrières, soumis à enregistrement à 1,5km de l'éolienne E1.

- **Autres activités**

Il n'existe aucune activité commerciale dans les limites de l'aire d'étude. Il existe tout de même une zone d'activité économique, La zone d'activité économique Le Grand Buisson, sur la commune de Verrières. La majorité de l'aire d'étude est occupée par des cultures. Des activités de loisir peuvent être pratiquées au sein de l'aire d'étude, principalement des promenades et des randonnées (présence de plusieurs circuits au sein de l'aire d'étude. Il n'existe de pas de circuit de Grande Randonnée (GR) dans l'aire d'étude, ni de base de loisir.



III.2 ENVIRONNEMENT NATUREL

• Contexte climatique

Le climat de la Vienne est de type océanique qui se caractérise par des hivers relativement doux et pluvieux ainsi que des étés tempérés avec un ciel assez variable.

Tableau 2 : Synthèse des caractéristiques climatique de l'aire d'étude

Caractéristiques climatiques	Commentaires
Ensoleillement	La zone d'étude est relativement bien ensoleillée, notamment en hiver, avec plus de 70,3h d'ensoleillement en moyenne au mois de janvier.
Températures	La température moyenne annuelle est de 12,2°C. L'amplitude thermique est modérée, étant de l'ordre de 14,8°C. De plus, on compte en moyenne entre 40 et 60 jours annuels de gel dans la Vienne (température inférieure à 0°C).
Précipitations	La zone d'étude présente une pluviométrie modérée, avec un cumul annuel moyen de 695,3 mm.
Brouillard	Dans la Vienne, le brouillard est relativement fréquent avec une moyenne globale qui s'échelonne entre 50 et 60 jours de brouillard par année.
Neige	La zone d'étude est soumise à un climat océanique assez défavorable aux chutes de neige. Ainsi, le nombre de jours de neige par an est inférieur à 15.
Vents	Les vents dominants proviennent principalement du sud-ouest et du nord-est. La vitesse du vent moyenne annuelle à 120 m de hauteur, soit la

hauteur du mât, est de 7,3 m/s. Le potentiel de vent est donc tout à fait intéressant pour un parc éolien.



Figure 1 : Les zones climatiques en France
(Source : Météo-France)

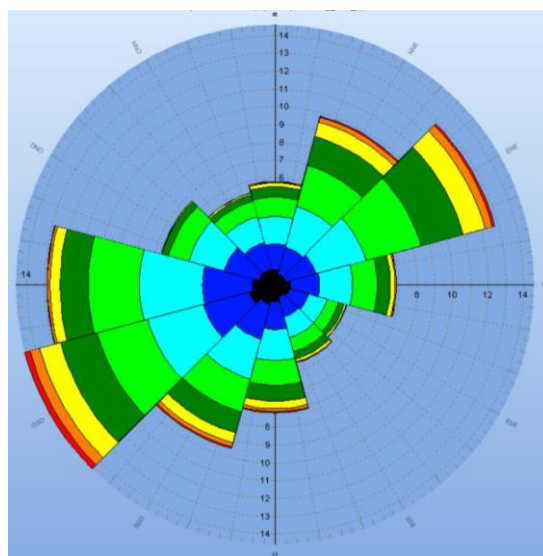


Figure 2 : Rose des vents sur le long terme (2004-2019)
(Source : EOLISE)

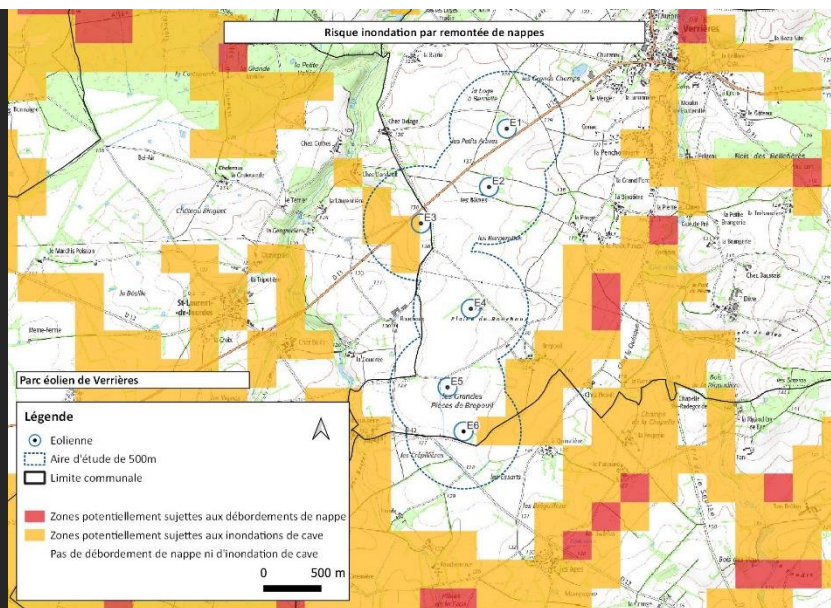
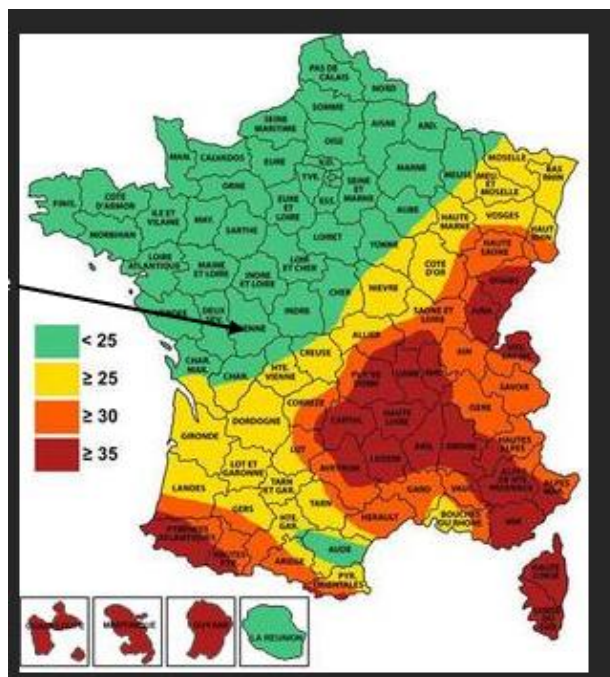
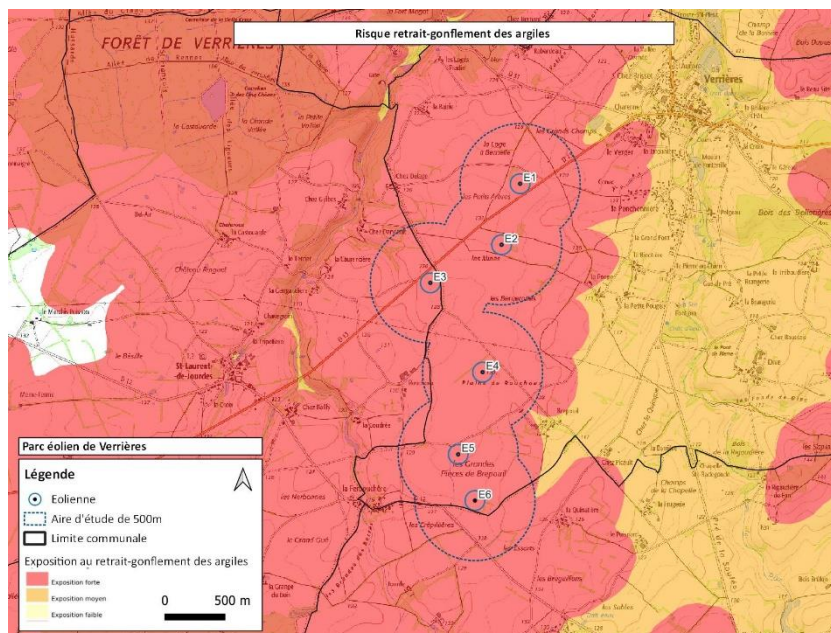
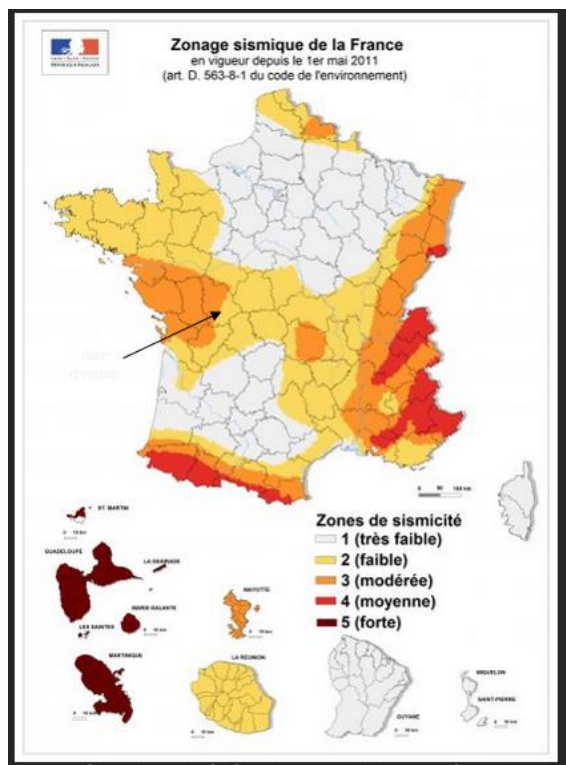
• Risques naturels

Tableau 3 : Récapitulatif des risques naturels présents sur les communes de l'aire d'étude

Communes	Inondation	Séisme	Feu de forêt	Mouvement de terrain	Radon
Verrières	X	Zone 2 (faible)	X	X	X
Saint-Laurent-de-Jourdes	X	Zone 2 (faible)	X	X	X
Bouresse	X	Zone 2 (faible)	-	X	X

Tableau 4 : Synthèse des risques naturels de l'aire d'étude

Risques naturels	Commentaires
Sismicité	L'aire d'étude se trouve en zone d'aléa modéré (niveau 2) par rapport au risque sismique.
Mouvements de terrain	Aucune cavité n'est recensée au sein de l'aire d'étude. Le risque de retrait-gonflement des argiles est fort dans l'ensemble de l'aire d'étude.
Foudre	L'aire d'étude se trouve dans une zone peu soumise au risque foudre, où l'on compte moins de 25 jours d'orage par an et une densité de foudroiement entre 1,5 et 2,5.
Tempête	L'aire d'étude est concernée par le risque de tempête.
Incendies de forêts et de cultures	L'aire d'étude n'est pas soumise au risque feu de forêt.
Inondations	L'aire d'étude n'est pas concernée par le risque d'inondation par submersion / débordement. Cependant, une partie de l'aire d'étude est potentiellement sujette à l'inondation de cave.



III.3 ENVIRONNEMENT MATERIEL

• Voies de communication

L'aire d'étude n'intègre, dans son périmètre de 500 m, aucune route structurante (TMJA > 2 000).

Par ailleurs, l'aire d'étude n'est concernée par aucune ligne de chemin de fer, aucune voie navigable et aucune ou servitude infrastructure aéronautique.

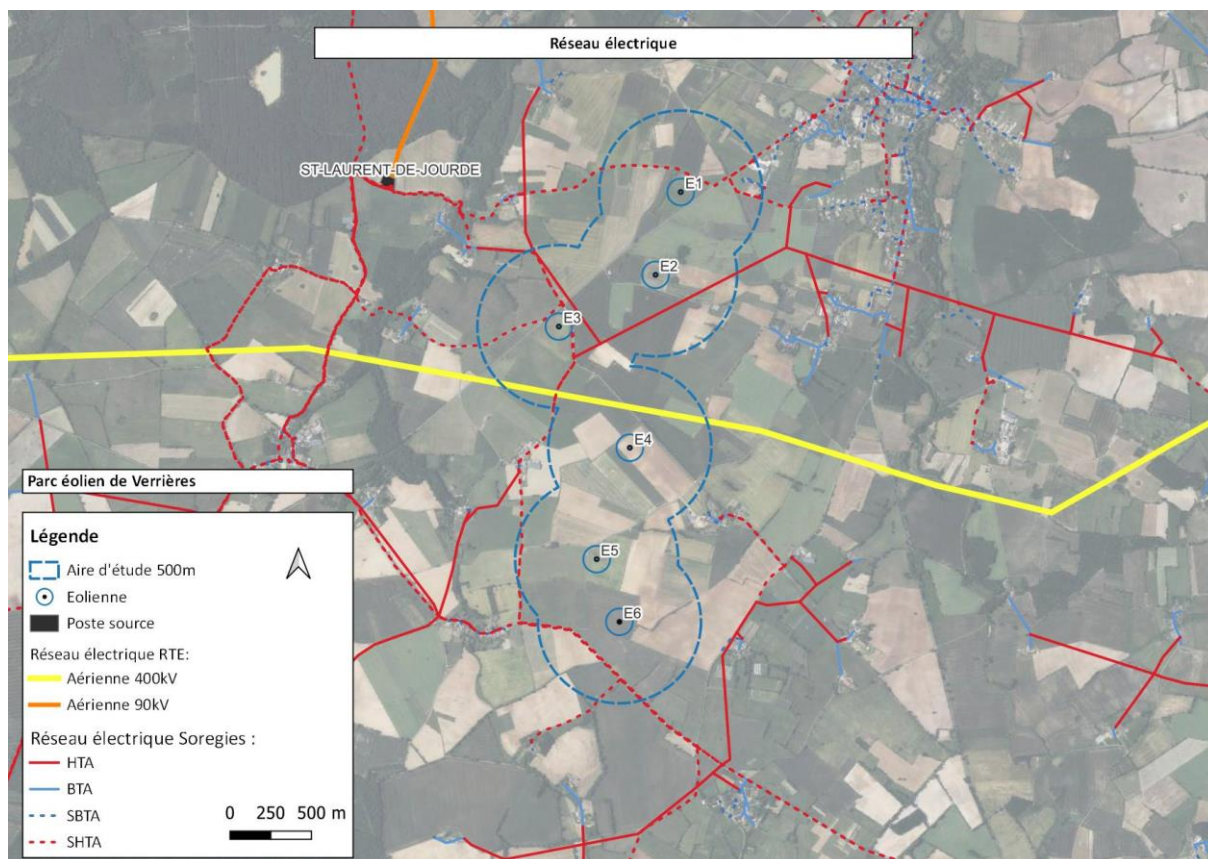
• Réseaux publics et privés

L'aire d'étude est traversée par plusieurs lignes électriques qui se composent de lignes à haute tension (HTA) et de lignes souterraines à haute tension (SHTA).

Aucune canalisation de transport de gaz naturel haute pression ne traverse l'aire d'étude. Le réseau d'assainissement ne traverse pas non plus cette zone.

L'aire d'étude se situe en dehors des zones de protection et de coordination des radars météorologiques.

L'aire d'étude ne comporte aucune servitude d'utilité publique.



• Autres ouvrages publics

Aucun ouvrage public n'est recensé dans l'aire d'étude (barrage, digue, château d'eau, etc.).

III.4 CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE





IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

• 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 :

- 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 un groupe de 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 au(x) poste(s) 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 type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

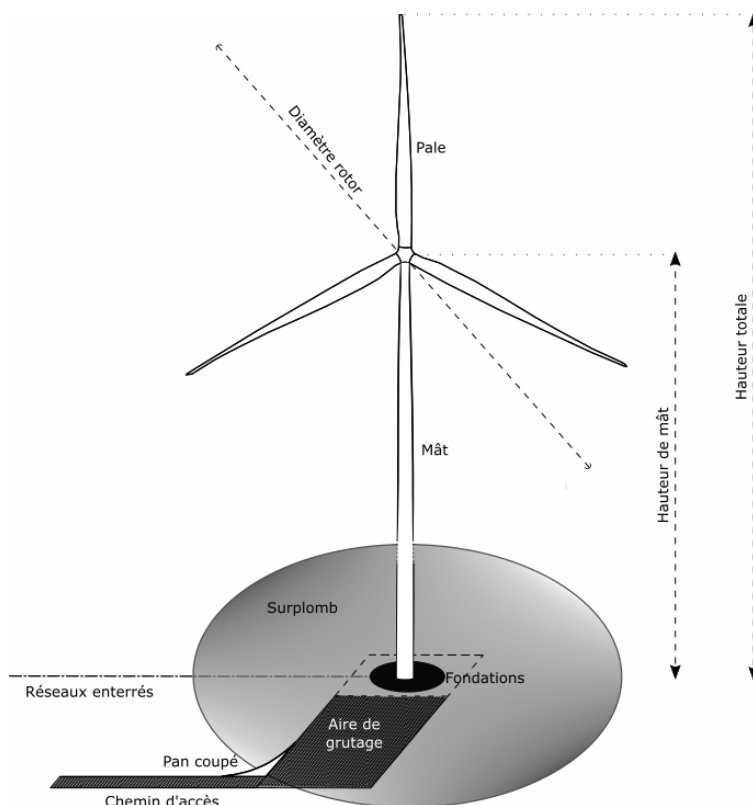


Figure 3 : Illustration d'une éolienne (source : Eolise)

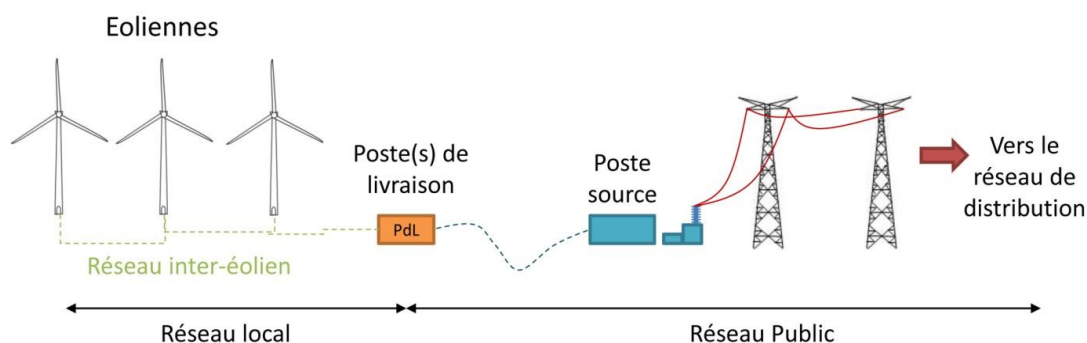


Figure 4 : Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

• Composition de l'installation

Le parc éolien de Verrières est composé de 6 aérogénérateurs et de 3 postes de livraison.

Le choix précis de la machine retenue se fera sur la base d'un appel d'offre constructeur après obtention des demandes d'autorisations. Ainsi, à ce stade de développement, seul un gabarit de machine a été choisi, possédant une puissance maximale de 6 MW. La puissance totale du parc éolien sera donc au maximum de 36 MW. La machine sera conforme aux dispositions de la norme NF EN 61400-1.

Les dimensions utilisées dans cette étude sont donc des dimensions « maximisantes », définies à partir de modèles existants, mais qui ne correspondent pas à un modèle précis d'aérogénérateur. Elles permettent d'appréhender de manière maximale les risques potentiels engendrés. Ainsi, les dimensions retenues pour chaque aérogénérateur sont : 146 mètres à une hauteur de moyeu (soit une hauteur de mât de 148 mètres au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor de 164 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 230 mètres.

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

Tableau 5 : Coordonnées géographiques des installations du parc éolien

Numéro de l'éolienne	Coordonnées Lambert 93		Coordonnées WGS84		Altitude en mètres NGF (m)
	Longitude (X)	Latitude (Y)	Longitude (X)	Latitude (Y)	
E1	513726	6592494	0°34'29.41"E	46°24'23.95"N	132
E2	513571	6591986	0°34'22.91"E	46°24'7.33"N	133
E3	512979	6591669	0°33'55.61"E	46°23'56.46"N	126
E4	513413	6590925	0°34'17.05"E	46°23'32.80"N	132
E5	513210	6590241	0°34'8.50"E	46°23'10.43"N	131
E6	513350	65899857	0°34'15.60"E	46°22'58.12"N	128
PdL 1	513014	6591765	0°33'56.71"E	46°24'0.11"N	128
PdL 2	513005	6591781	0°33'56.93"E	46°23'59.87"N	128
PdL 3	513010	6591773	0°33'57.16"E	46°23'59.62"N	128

V. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

• 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. Elle ne génère pas (ou peu) de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.

Les produits identifiés dans le cadre du projet de parc éolien de Verrières sont utilisés pour le bon fonctionnement de l'éolienne, leur maintenance et leur entretien : graisses, huiles, produits de nettoyage, etc. Les huiles et les graisses ne sont pas des produits inflammables, mais sont des produits combustibles qui peuvent développer ou entretenir un incendie sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud. Certains produits de maintenance peuvent être inflammables, mais ne sont amenés dans l'éolienne que pour les opérations et repris en fin d'opération.

• Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Verrières 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
- Échauffement de pièces mécaniques
- Court-circuit électrique (aérogénérateur ou poste de livraison).

• Réduction des potentiels de dangers à la source

Afin de réduire les potentiels de dangers et garantir une sécurité optimale de l'installation, des actions préventives ont été menées. Au cours de la conception du projet, l'exploitant a ainsi orienté ses choix techniques selon 2 axes principaux :

- Choix de l'emplacement des installations : respect de distances d'implantation vis-à-vis des habitations, des voiries, des réseaux, etc.
- Choix des éoliennes : technologie récente (éolienne dernière génération), équipements de sécurité en série, répondant à des standards et des normes.

De plus, l'analyse des retours d'expérience (accidentologie) a permis d'identifier les principaux phénomènes dangereux et les mesures à mettre en œuvre pour réduire leur probabilité d'occurrence.

VI. 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.

Une analyse générique des risques a été menée. Les différents scénarios ont été listés dans un tableau, regroupés par thématique en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce aux retours d'expérience :

- 2 scénarios sont relatifs aux risques liés à la **glace**
- 7 scénarios sont relatifs aux risques d'**incendie**
- 2 scénarios sont relatifs aux risques de **fuites**
- 3 scénarios sont relatifs aux risques de **chute d'éléments de l'éolienne**
- 3 scénarios sont relatifs aux risques de **projection de pales ou de fragments de pales**
- 10 scénarios sont relatifs aux risques d'**effondrement de l'éolienne**

À l'issue de l'APR, seuls les scénarios d'accident dont l'intensité est telle que l'accident peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine, sont retenus. Ainsi, 4 catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Tableau 6 : Scénarios exclus de l'étude détaillée des risques et justifications

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. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât, les effets sont également mineurs et l'arrêt 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 et impose le respect de plusieurs normes.
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huile dans le sol, les volumes de substances libérés dans le sol restent mineurs. L'aire d'étude n'est pas concernée par un périmètre de protection de captage, le scénario ne sera donc pas détaillé.

Afin de limiter les risques un certain nombre de mesures de sécurité (MMR) a été mis en œuvre, tels :

Tableau 7 : Liste des MMR identifiées

N°MMR	Fonction de sécurité	Mesures de sécurité
1	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.
2	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Signalisation (affichage de panneaux) sur les chemins d'accès aux éoliennes. Eloignement des zones habitées et fréquentées.
3	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	Capteurs de température sur pièces mécaniques. Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes. Suivant ces seuils, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice.
4	Prévenir la survitesse	Détection de survitesse et système de freinage.
5	Prévenir les courts-circuits	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.
6	Prévenir les effets de la foudre	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.
7	Protection et intervention incendie	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.
8	Prévention et rétention des fuites	Détecteurs de niveau d'huiles. Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération. Procédure d'urgence. Kit antipollution.
9	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	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).
10	Prévenir les erreurs de maintenance	Procédure de maintenance.
11	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	Inspection et suivi des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes.
12	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	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 pales) par le système de conduite.
13	Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau	Détection des défaillances du réseau électrique. Batteries pour chaque système pitch. Système d'alimentation sans coupure (UPS).

Les 5 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.

VII. 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.

VII.1 DEFINITIONS

Pour chacun des scénarios retenus, la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité ont été étudiées. Ces paramètres sont définis ci-après.

• Cinétique

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13], la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

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

• Intensité

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13]).

Elle est ici définie en fonction du degré d'exposition, 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.

Tableau 8 : Définition du degré d'exposition

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

• Gravité

La gravité des conséquences potentielles prévisibles résulte de la combinaison de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux et de la vulnérabilité des enjeux potentiellement exposés. Les seuils de gravité sont déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet définies précédemment.

Tableau 9 : Seuils de gravité

Intensité \ Gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée

« Désastreux »	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
« Catastrophique »	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
« Important »	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieux »	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
« Modéré »	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »

• Probabilité

La probabilité d'occurrence d'un accident est assimilée à sa fréquence d'occurrence future estimée sur l'installation considérée. L'annexe I de l'arrêté du 29 septembre 2005 définit les classes de probabilité qui doivent être utilisées dans les études de dangers pour caractériser les scénarios d'accident majeur :

Tableau 10 : Classes de probabilité

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

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 et des définitions qualitatives de l'arrêté du 29 septembre 2005.

VII.2 SYNTHESE DES SCENARIOS ETUDIES

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

Tableau 11 : Synthèse des scénarios étudiés

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (230m)	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ¹	Sérieux pour E2 Modéré pour E1, E3, E4, E5, E6.
Chute de glace	Zone de survol (82 m)	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré pour toutes les éoliennes
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol (82 m)	Rapide	Exposition modérée	C	Modéré pour toutes les éoliennes
Projection de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ²	Important pour E1 Sérieux pour E2 et E3. Modéré pour les éoliennes E4, E5 et E6
Projection de glace	468 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	Important pour E1 Sérieux pour E2 et E3. Modéré pour les éoliennes E4, E5 et E6

VII.3 SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

Pour conclure à l'acceptabilité des accidents potentiels, la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus sera utilisée. Le classement des 5 scénarios étudiés y a été intégré.

Tableau 12 : Matrice de criticité

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					

¹ Voir paragraphe VIII.2.1.4

² Voir paragraphe VIII.2.4.4

Important		Projection de glace pour E1			
		Projection de pale ou de fragments de pale pour E1			
Sérieux		Projection de glace pour E2 et E3			
		Effondrement de l'éolienne E2			
		Projection des pales ou de fragments de pales pour E2 et E3			
Modéré		Projection de glace E4, E5, E6	Chute d'éléments d'une éolienne		Chute de glace
		Effondrement de l'éolienne sauf (E2)			
		Projection des pales ou de fragments de pales E4,E5,E6			

Légende de la matrice :

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

Au regard de la matrice ainsi complétée, il s'avère que :

- Aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice, il y en a donc aucun avec un risque non acceptable
- 2 accidents (chute de glace et projection de glace ou de pale (pour l'éolienne E1) possèdent un risque faible (case jaune). Pour ces accidents, il convient de souligner que le choix d'aérogénérateurs de technologie récente et les fonctions de sécurité détaillées dans le paragraphe VII. 6 sont mises en œuvre et suffisent à rendre le risque acceptable.

- **L'étude conclut à l'acceptabilité du risque généré par le parc éolien de Verrières. En effet, le risque associé à chaque événement redouté central étudié est acceptable, quelle que soit l'éolienne considérée du parc (éoliennes E1 à E6).**

VII.4 CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Une cartographie de synthèse des risques est proposée pour chaque aérogénérateur. Elle met en évidence les éléments suivants :

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

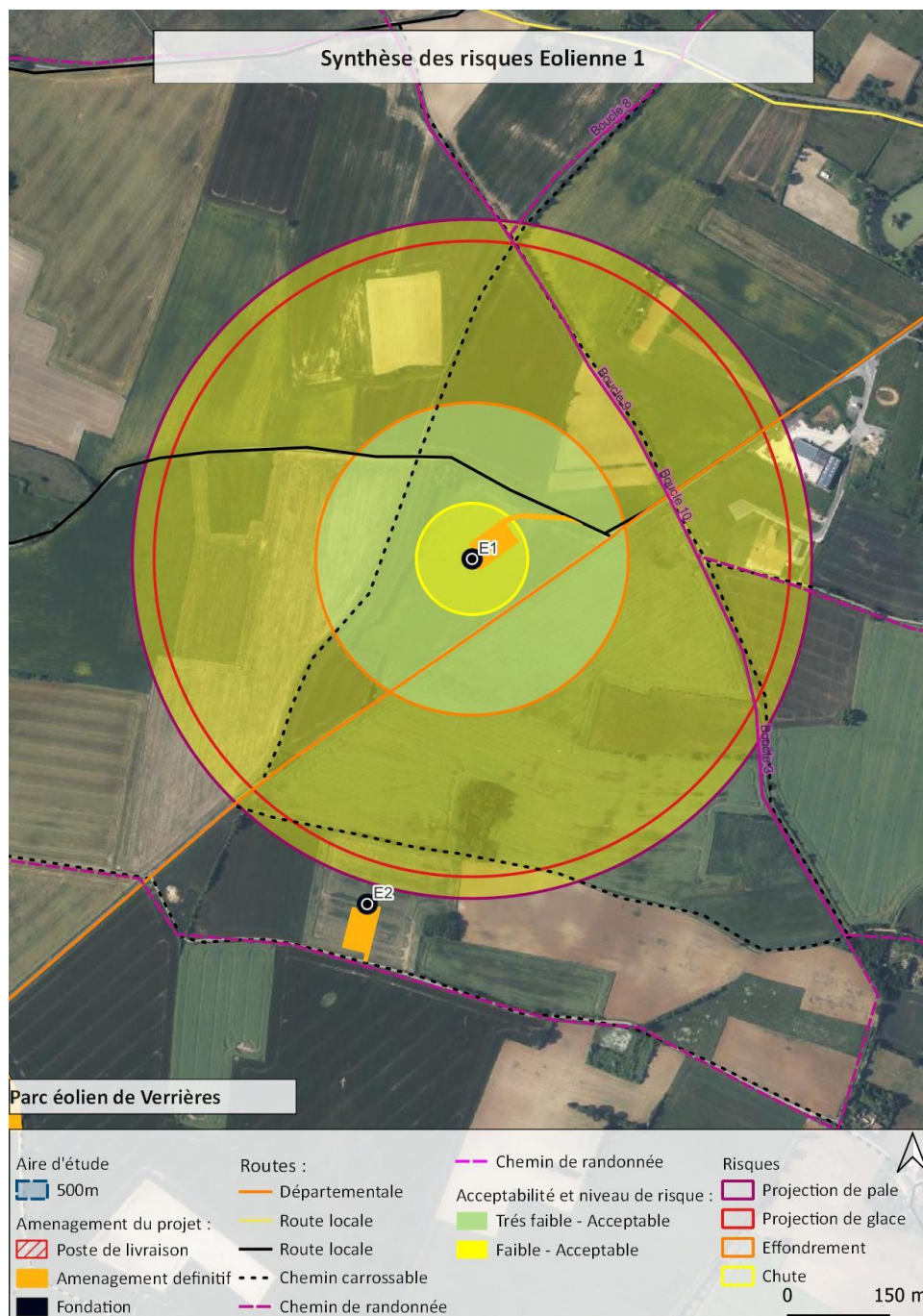


Tableau 13 : Récapitulatif des risques étudiés pour E1

E1	Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection de pale	Projection de glace
Zone d'effet	230m	82 m	82 m	500 m	468 m
Nombre de personnes permanentes exposées	0,26	0,05	0,05	22,01	21,6
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Modéré	Modéré	Modéré	Importante	Importante
Acceptabilité et niveau du risque	Acceptable Très faible	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Faible	Acceptable Faible

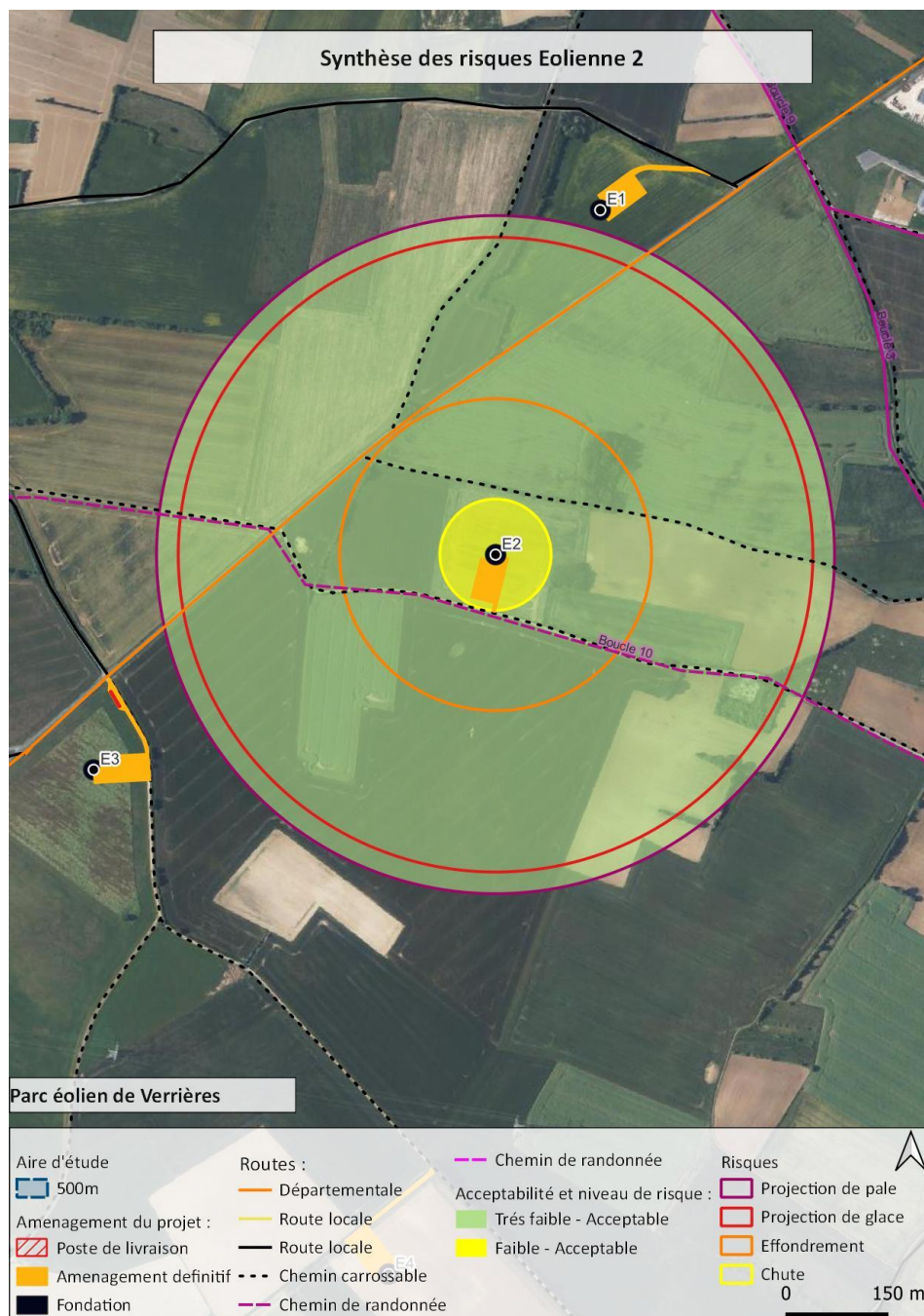


Tableau 14: Récapitulatif des risques étudiés pour E2

E2	Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection de pale	Projection de glace
Zone d'effet	230m	82 m	82 m	500 m	468 m
Nombre de personnes permanentes exposées	1,05	0,05	0,05	3	2,73
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Sérieux	Modéré	Modéré	Sérieux	Sérieux
Acceptabilité et niveau du risque	Acceptable Très faible	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible



Tableau 15: Récapitulatif des risques étudiés pour E3

E3	Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection de pale	Projection de glace
Zone d'effet	230m	82m	82 m	500 m	468 m
Nombre de personnes permanentes exposées	0,26	0,05	0,05	2,3	2,06
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Modéré	Modéré	Modéré	Sérieux	Sérieux
Acceptabilité et niveau du risque	Acceptable Très faible	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très Faible

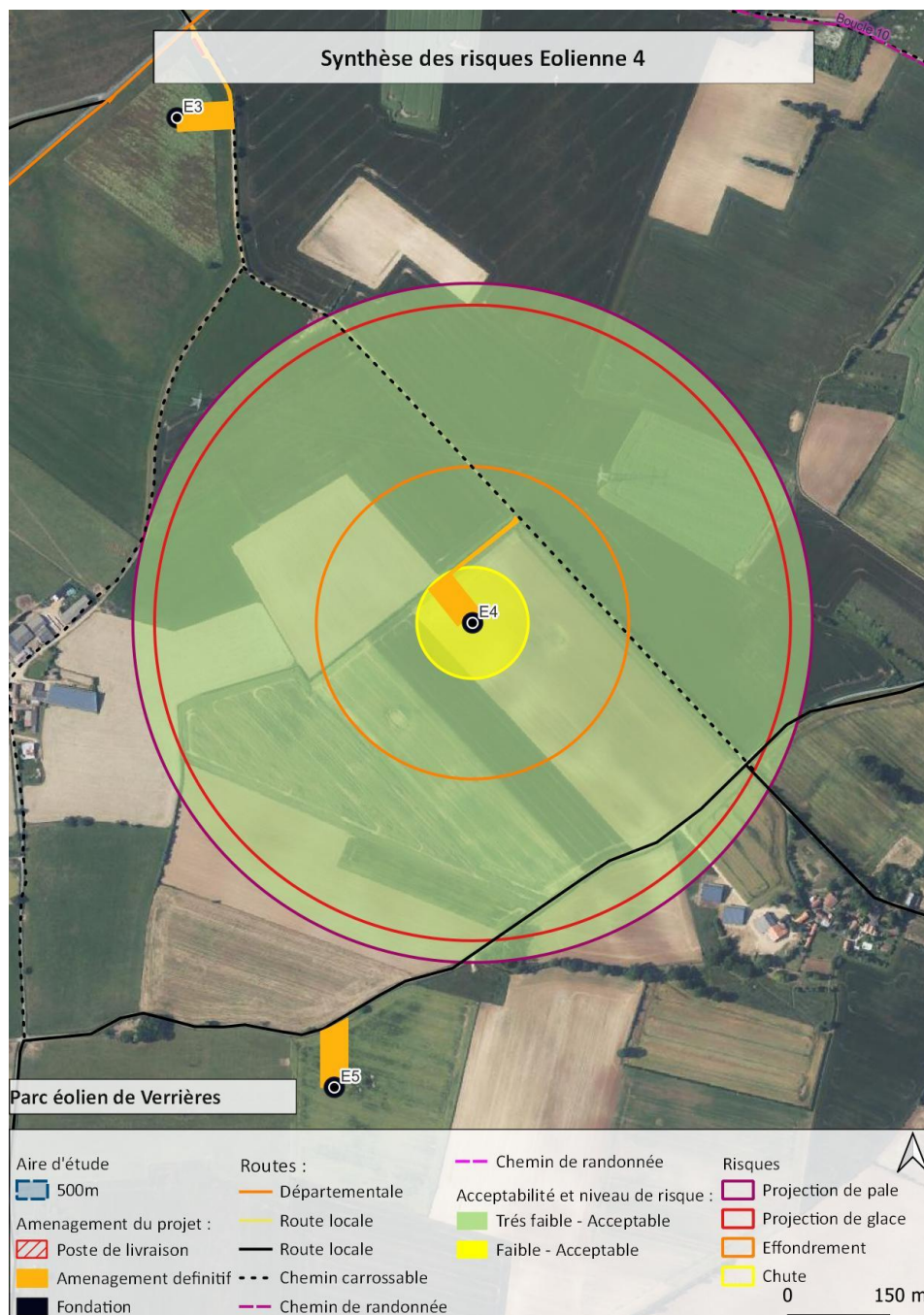


Tableau 16 : Récapitulatif des risques étudiés pour E4

E4	Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection de pale	Projection de glace
Zone d'effet	230m	82m	82 m	500 m	468 m
Nombre de personnes permanentes exposées	0,22	0,05	0,05	0,90	0,79
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Modéré	Modéré	Modéré	Modéré	Modéré
Acceptabilité et niveau du risque	Acceptable Très faible	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible

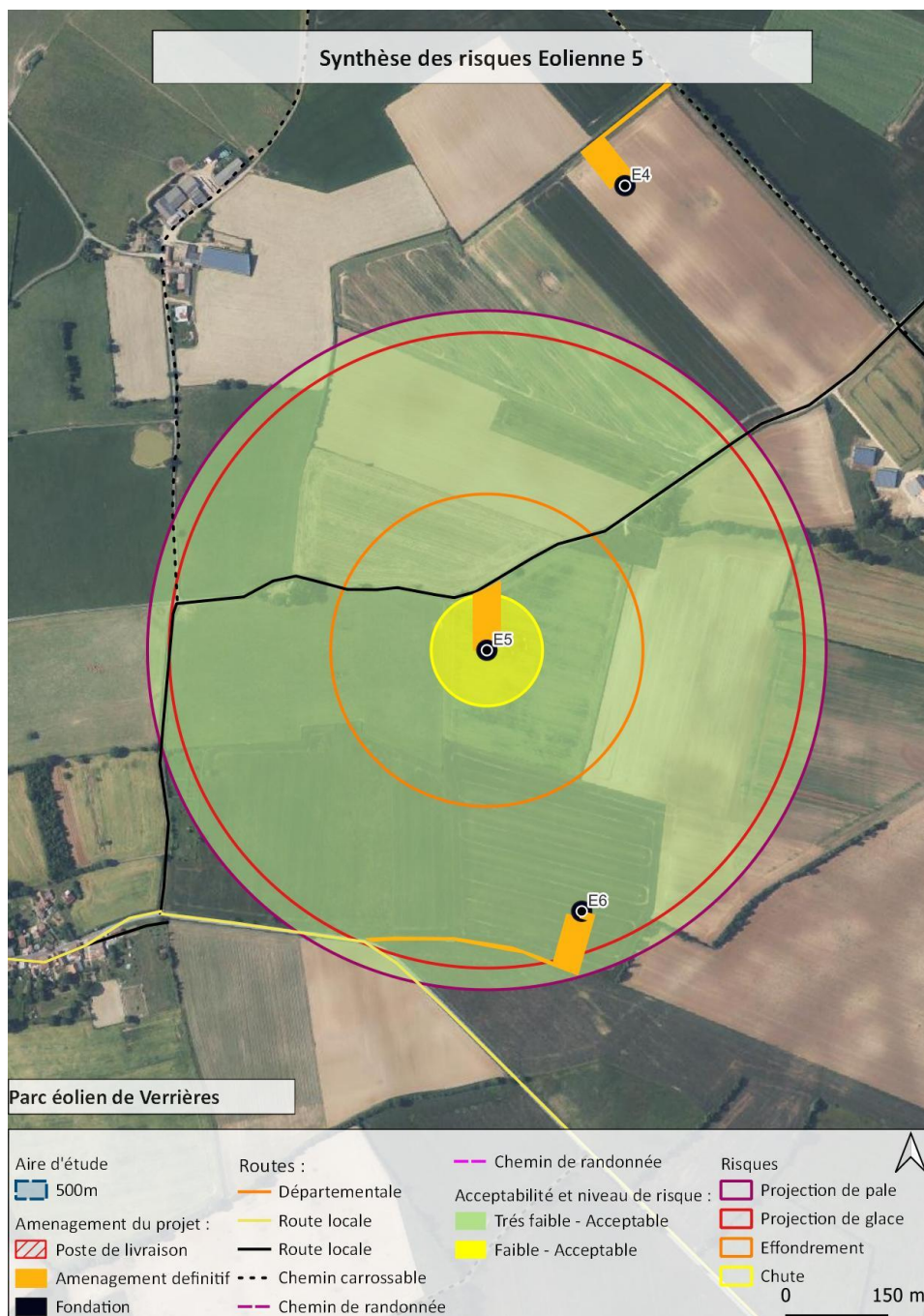
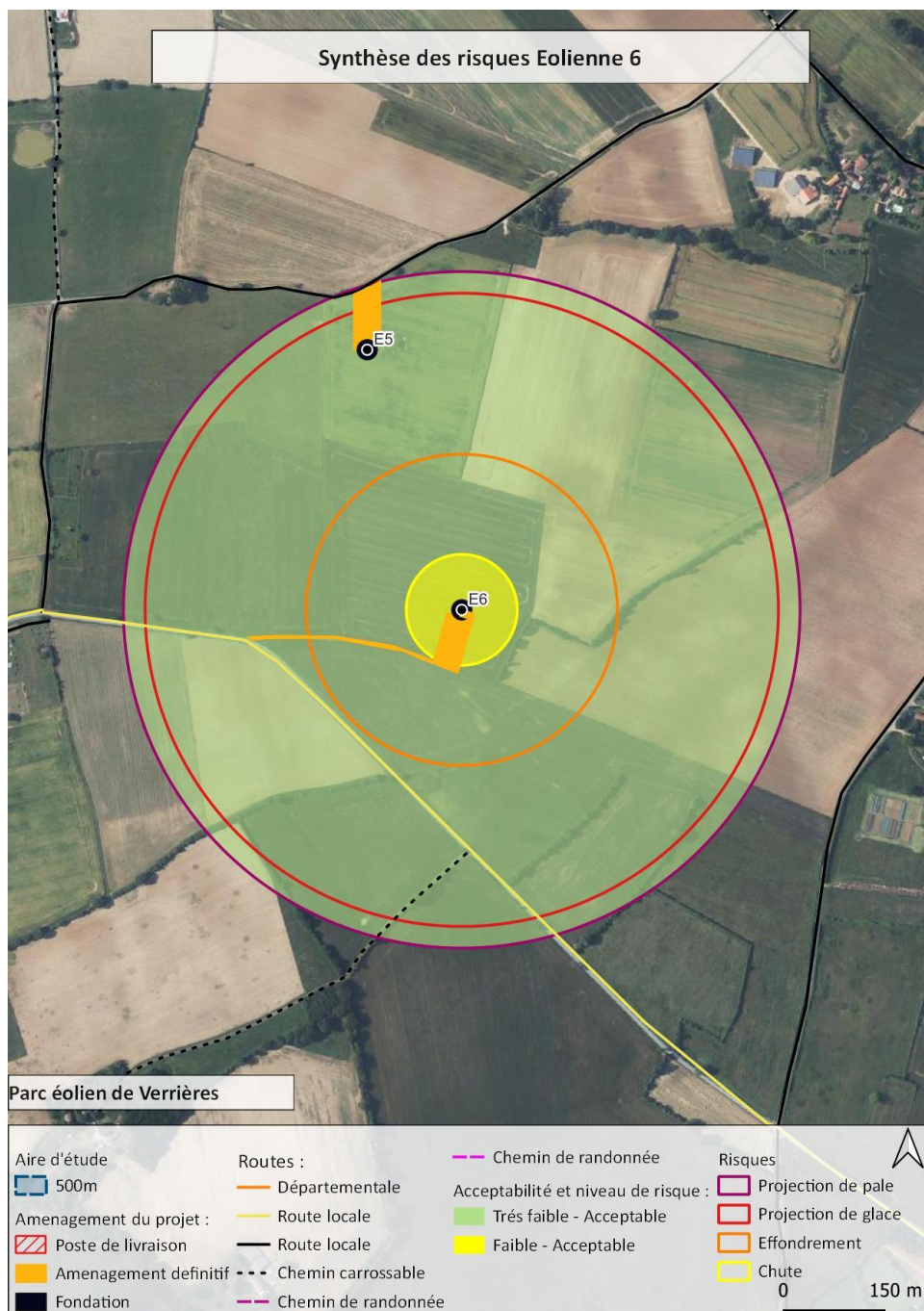
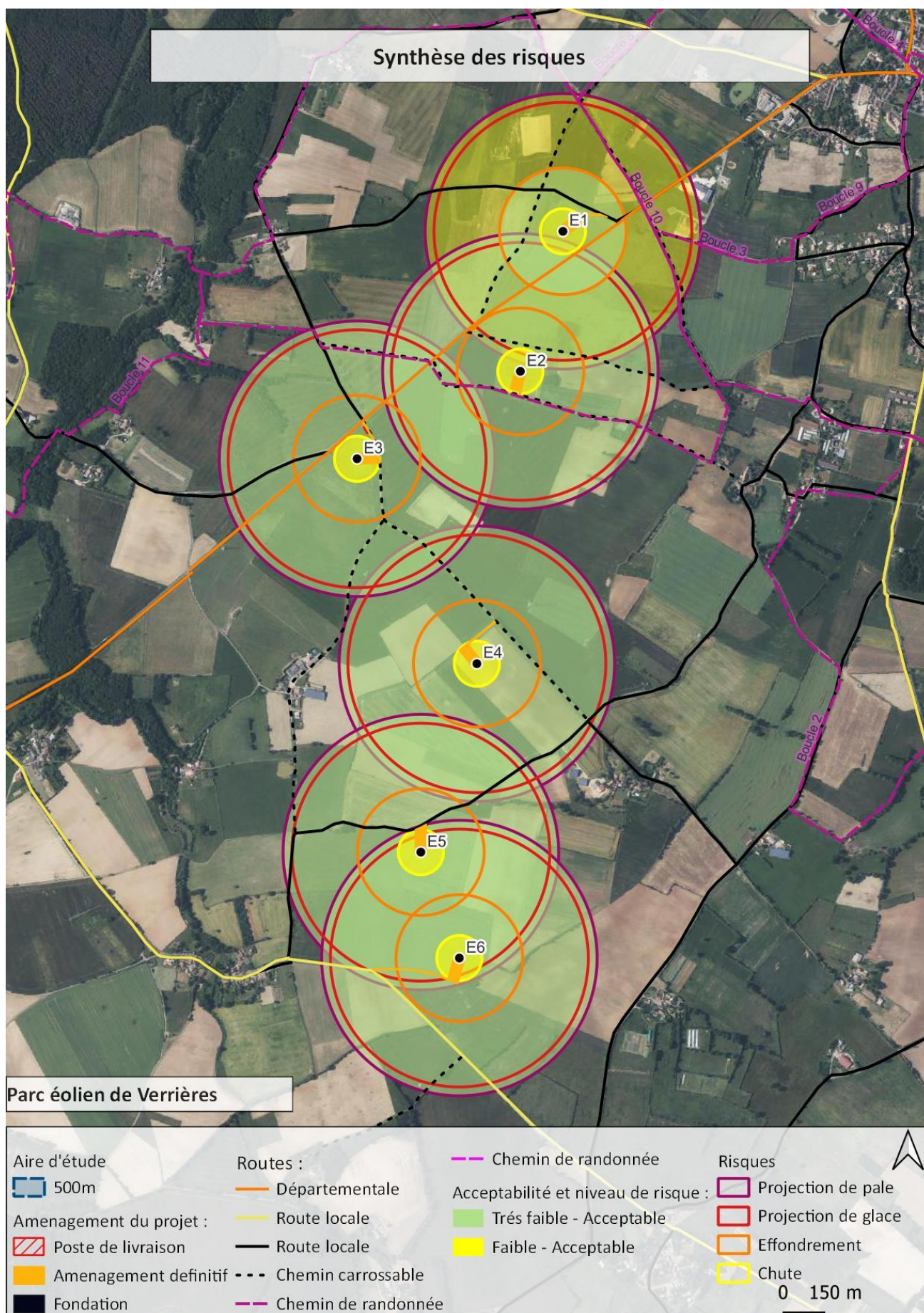


Tableau 17 : Récapitulatif des risques étudiés pour E5

E5	Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection de pale	Projection de glace
Zone d'effet	230m	82 m	82 m	500 m	468 m
Nombre de personnes permanentes exposées	0,22	0,05	0,05	0,94	0,81
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Modéré	Modéré	Modéré	Modéré	Modéré
Acceptabilité et niveau du risque	Acceptable Très faible	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible


Tableau 18 : Récapitulatif des risques étudiés pour E6

E6	Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection de pale	Projection de glace
Zone d'effet	230m	82 m	82 m	500 m	468 m
Nombre de personnes permanentes exposées	0,21	0,05	0,05	0,92	0,88
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Modéré	Modéré	Modéré	Modéré	Modéré
Acceptabilité et niveau du risque	Acceptable Très faible	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible



Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale

Étude de dangers

Parc éolien de Verrières

Commune de Verrières et Saint-Laurent-de-Jourdes (86)

Mars 2024



Photomontage du parc éolien de Verrières

Parc éolien de Verrières SAS

Business Center 4^e étage
3 avenue Gustave Eiffel - Téléport 1
86 360 Chasseneuil-du-Poitou
Siret : 98184294100016

Auteurs de l'étude de dangers :

Laure Barranger, cheffe de projet
Baptiste WAMBRE, responsable développement



SOMMAIRE

I.	PREAMBULE	7
I.1	OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS	7
I.2	CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE	7
I.3	NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	9
II.	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION.....	10
II.1	RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	10
II.2	LOCALISATION DU SITE.....	10
II.3	DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE	12
III.	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	14
III.1	ENVIRONNEMENT HUMAIN.....	14
III.1.1	<i>Zones urbanisées</i>	14
III.1.2	<i>Etablissements recevant du public (ERP)</i>	17
III.1.3	<i>Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base (INB)</i>	18
III.1.4	<i>Autres activités</i>	20
III.1.5	<i>Acte de malveillance</i>	25
III.1.6	<i>Synthèse de l'analyse de l'environnement humain</i>	26
III.2	ENVIRONNEMENT NATUREL.....	26
III.2.1	<i>Contexte climatique</i>	26
III.2.2	<i>Risques naturels</i>	34
III.3	ENVIRONNEMENT MATERIEL.....	42
III.3.1	<i>Voies de communication</i>	42
III.3.2	<i>Réseaux publics et privés</i>	46
III.3.3	<i>Autres ouvrages publics</i>	48
III.4	CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE.....	48
IV.	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION.....	56
IV.1	CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION.....	56
IV.1.1	<i>Caractéristiques générales d'un parc éolien</i>	56
IV.1.2	<i>Activité de l'installation</i>	62
IV.1.3	<i>Composition de l'installation</i>	62
IV.2	FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	63
IV.2.1	<i>Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur</i>	63
IV.2.2	<i>Sécurité de l'installation</i>	66
IV.2.3	<i>Opérations de maintenance de l'installation</i>	72
IV.2.4	<i>Stockage et flux de produits dangereux</i>	74
IV.3	FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION.....	75
IV.3.1	<i>Raccordement électrique</i>	75
IV.3.2	<i>Autres réseaux</i>	78
V.	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	78
V.1	POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS	78
V.1.1	<i>Inventaires des produits</i>	79
V.1.2	<i>dangers des produits</i>	79
V.2	POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	80
V.3	REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE	81

V.3.1	<i>Principales actions préventives</i>	81
V.3.2	<i>Utilisation des meilleures techniques disponibles</i>	82
VI.	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	83
VI.1	OBJECTIF DE L'ACCIDENTOLOGIE	83
VI.2	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE	83
VI.3	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL	85
VI.4	INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT	87
VI.5	SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE	87
VI.5.1	<i>Analyse de l'évolution des accidents en France</i>	87
VI.5.2	<i>Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents</i>	88
VI.6	LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE	89
VII.	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	90
VII.1	OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	90
VII.2	RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES	90
VII.3	RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES	90
VII.3.1	<i>Aggression externes liées aux activités humaines</i>	91
VII.3.2	<i>Aggressions externes liées aux phénomènes naturels</i>	91
VII.4	SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	92
VII.5	EFFETS DOMINOS	96
VII.6	MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE	97
VII.7	CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	104
VIII.	ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	105
VIII.1	RAPPEL DES DEFINITIONS	105
VIII.1.1	<i>Cinétique</i>	105
VIII.1.2	<i>Intensité</i>	105
VIII.1.3	<i>Gravité</i>	106
VIII.1.4	<i>Probabilité</i>	107
VIII.1.5	<i>Niveau de risque</i>	108
VIII.2	CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS	108
VIII.2.1	<i>Effondrement de l'éolienne</i>	109
VIII.2.2	<i>Chute de glace</i>	112
VIII.2.3	<i>Chute d'éléments de l'éolienne</i>	115
VIII.2.4	<i>Projection de pales ou de fragments de pales</i>	118
VIII.2.5	<i>Projection de glace</i>	121
VIII.3	SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	124
VIII.3.1	<i>Tableaux de synthèse des scénarios étudiés</i>	124
VIII.3.2	<i>Synthèse de l'acceptabilité des risques</i>	125
VIII.3.3	<i>Cartographie des risques</i>	126
IX.	CONCLUSION	134
X.	RESUME NON TECHNIQUE	135
	ANNEXE 1 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE	136
	ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE	139
	ANNEXE 3 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	167
	ANNEXE 4 – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL	171
	ANNEXE 5 – GLOSSAIRE	172
	ANNEXE 6 – ABREVIATIONS & SIGLES	175
	ANNEXE 7 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES	176

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Les zones climatique en France (Source : Météo-France)	26
Figure 2 : Durée moyenne d'ensoleillement sur l'année à Poitiers-Biard (86). 1991-2020. (Source : d'après Météo France)	27
Figure 3 : Températures moyennes à Poitiers-Biard (86), 1991-2020. (Source : d'après Météo France)	28
Figure 4 : Jours annuels de gel en France	28
Figure 5 : Précipitations moyennes à Poitiers-Biard (86), 1991-2020. (Source : d'après Météo France)	29
Figure 6 : Potentiel éolien de l'ancienne région Poitou-Charentes	29
Figure 7 : Rose de vent des 30 dernières années à Verrières (86). (Source : Meteoblue).....	30
Figure 8 : Mât de mesures anémométriques du projet de Verrières (Crédit photo : EOLISE)	31
Figure 9 : Rose des vents (Source : EOLISE).....	32
Figure 11 : Zones sensibles aux tornades et aux orages violents (Source : Keraunos).....	33
Figure 12 : Jours annuels de brouillard en France	33
Figure 13 : Jours annuels de neige en France	34
Figure 14 : Zonage sismique de la France et de la zone d'étude	35
Figure 15 : Niveau kéraunique en France (nombre de jours d'orage par an)	38
Figure 16 : Carte de la densité de foudroiement par région (Source : Citel.fr)	38
Figure 17 : Risque d'incendie de forêt en Vienne (Source : DDRM de la Vienne)	39
Figure 18 : Voies navigables de France (Source : Fluvialnet).....	44
Figure 18 : Radars fixes météorologique et portuaire	48
Figure 19 : Schéma descriptif d'un parc éolien	56
Figure 20 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur	58
Figure 21 : Composants d'une nacelle (Source : Vestas).....	59
Figure 22 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne (source : Eolise)	61
Figure 23 : Système de balisage lumineux (Source : ECOTERA)	68
Figure 24 : Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien	75
Figure 25 : Coupes générales des tranchées destinées à l'enfouissement des lignes électriques	75
Figure 26 : Répartition des accidents et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2022	84
Figure 27 : Répartition des accidents dans le monde entre 2000 et 2022.....	85
Figure 28 : Nombre d'accidents par an à l'étranger selon la CWIF	86
Figure 29 : Evolution du nombre d'accidents par an dans le monde et de la puissance installée entre 2000 et 2022	86
Figure 31 : Évolution du nombre d'incidents annuels recensés en France et du nombre d'éoliennes installées	87
Figure 32 : Évolution du nombre d'incidents annuels recensés en France et de la puissance installée.....	88
Figure 33 : Représentation du nombre d'incidents par rapport au nombre d'éoliennes entre 2000 et 2023 en France.....	88

TABLES DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2011-984 du 23 août 2011)	9
Tableau 2 : Recensement de la population sur l'aire d'étude en 2011 et 2016 et densité (source : Insee)	14
Tableau 3 : Distance entre les éoliennes et les habitations les plus proches	15
Tableau 4 : Distance entre les éoliennes et les établissements sensibles les plus proches.....	18
Tableau 5 : Liste des établissements classés SEVESO seuil haut dans la Vienne (Source : Georisques).....	19
Tableau 6 : Liste des établissements classés SEVESO seuil bas dans la Vienne (Source : Georisques).....	19
Tableau 7 : Liste des installations classées sur la commune de Verrières (Source : Georisques)	19
Tableau 8 : Liste des installations classées sur la commune de Saint-Laurent-de-Jourdes (Source : Georisques)	20
Tableau 8 : Liste des installations classées sur la commune de Bouresse (Source : Georisques)	20
Tableau 9 : Liste des CASIAS sur la commune de Verrières (Source : Georisques).....	21
Tableau 10 : Liste des CASIAS sur la commune de Saint-Laurent-de-Jourdes (Source : Georisques).....	21
Tableau 11 : Liste des CASIAS sur la commune de Bouresse (Source : Georisques).....	22

Tableau 12 : Températures moyennes sur la station de Poitiers-Biard (86), 1991-2020. (Source : Météo France)	27
Tableau 13 : Précipitations moyennes sur la station de Poitiers-Biard (86), 1991-2020. (Source : Météo France)	28
Tableau 14 : Risques naturels sur les communes de l'aire d'étude	34
Tableau 15 : Distance entre les routes à proximité de l'aire d'étude et des éoliennes	43
Tableau 16 : Nombre de personnes exposées pour chaque éolienne	49
Tableau 17 : Exemples de modèles existants (Source : Eolise)	57
Tableau 18 : Coordonnées géographiques des installations du parc éolien	62
Tableau 19 : Découpage fonctionnel du parc éolien	64
Tableau 20 : Liste des produits utilisés (Source : Nordex)	79
Tableau 21 : Dangers potentiels liés au fonctionnement du parc éolien	80
Tableau 22 : Statistiques des accidents éoliens (Source : CWIF)	85
Tableau 23 : Principales agressions externes liées aux activités humaines	91
Tableau 24 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels	91
Tableau 25 : Tableau d'analyse générique des risques (Source : Guide technique de l'étude de dangers, Mai 2012)	93
Tableau 26 : Ensemble des fonctions de sécurité	98
Tableau 27 : Scénarios exclus de l'étude détaillée des risques et justifications	104
Tableau 28 : Définition du degré d'exposition	106
Tableau 29 : Seuils de gravité	106
Tableau 30 : Classes de probabilité	107
Tableau 31 : Matrice de criticité (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	108
Tableau 32 : Intensité du scénario « Effondrement de l'éolienne »	109
Tableau 33 : Gravité du scénario « Effondrement de l'éolienne »	110
Tableau 34 : Valeurs de la littérature pour la probabilité d'effondrement d'une éolienne	110
Tableau 35 : Acceptabilité du scénario « Effondrement de l'éolienne »	111
Tableau 36 : Intensité du scénario « Chute de glace »	113
Tableau 37 : Gravité du scénario « Chute de glace »	113
Tableau 38 : Acceptabilité du scénario « Chute de glace »	114
Tableau 39 : Intensité du scénario « Chute d'éléments »	115
Tableau 40 : Gravité du scénario « Chute d'élément »	116
Tableau 41 : Acceptabilité du scénario « Chute d'élément »	117
Tableau 42 : Intensité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale »	119
Tableau 43 : Gravité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale »	119
Tableau 44 : Valeurs de la littérature pour la probabilité de rupture de tout ou partie de pale	120
Tableau 45 : Acceptabilité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale »	120
Tableau 46 : Intensité du scénario « Projection de glace »	122
Tableau 47 : Gravité du scénario « Projection de glace »	122
Tableau 48 : Acceptabilité du scénario « Projection de glace »	123
Tableau 49 : Synthèse des scénarios étudiés	124
Tableau 50 : Matrice de criticité (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	125
Tableau 51 : Récapitulatif des risques étudiés pour E1	127
Tableau 52 : Récapitulatif des risques étudiés pour E2	128
Tableau 53 : Récapitulatif des risques étudiés pour E3	129
Tableau 54 : Récapitulatif des risques étudiés pour E4	130
Tableau 55 : Récapitulatif des risques étudiés pour E5	131
Tableau 56 : Récapitulatif des risques étudiés pour E6	132
Tableau 57 : Nombre de personnes exposées par secteur par éolienne	138

I. PREAMBULE

I.1 OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS

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

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du parc de Verrières. 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.

L'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle s'articule autour du recensement des phénomènes dangereux possibles, de l'évaluation de leurs conséquences, ainsi que de leur prévention et des moyens de secours. En effet, 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.

Enfin, elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien de Verrières, 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.

Elle porte sur l'ensemble des phénomènes dangereux susceptibles de se produire, dès lors qu'ils sont physiquement possibles. Les phénomènes même de probabilité très faible sont étudiés.

I.2 CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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. 181-25, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accident majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini en des termes laconiques, par l'article L. 181-25 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 (RNT) de l'étude des dangers

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

Cette étude de dangers s'appuie également sur les textes réglementaires et techniques suivants :

- 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 (ICPE) qui comprend des dispositions constructives et en phase d'exploitation concernant notamment la sécurité (par exemple, normes, sécurité face aux incendies, foudre...). La circulaire du 29 août 2011 relative aux conséquences et orientations du classement des éoliennes dans le régime des installations classées donne des éclairages sur l'instruction. Elle précise notamment que les études de dangers pourront présenter un caractère plus léger que bon nombre d'autres installations classées, bien plus dangereuses, dans un souci de proportionnalité.
- Le décret n° 2014-450 du 2 mai 2014 et la loi du 17 août 2015 relatifs à l'expérimentation d'une autorisation unique en matière d'installations classées pour la protection de l'environnement
- Le guide technique « Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens », développé par France Énergie Éolienne, l'INERIS et le SER et validé par la DGPR en mai 2012.

Enfin, les principaux risques sont générés au cours de la phase d'exploitation, c'est pourquoi l'étude de dangers s'intéresse aux risques générés par les aérogénérateurs lorsqu'ils sont dans cette phase et elle exclut donc la phase de construction.

I.3 NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

Le décret n°2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées (article R.511-9 du Code de l'environnement) crée une rubrique spécifique aux éoliennes terrestres. Les critères de classement au régime de déclaration (D) ou d'autorisation (A) sont la hauteur du mât et la puissance totale installée.

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 mètres	A	6
	2) Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 mètres et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure à 12 mètres et pour une puissance totale installée : a. Supérieure ou égale à 20 MW b. Inférieure à 20 MW	A D	6
(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L.512-11 du code de l'environnement. (2) Rayon d'affichage en kilomètres.			

Tableau 1 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2011-984 du 23 août 2011)

Le parc éolien de Verrières comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : cette installation est donc une ICPE soumise à autorisation (A), conformément au titre Ier du livre V du Code de l'environnement. Il doit en conséquence présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation environnementale.

Le rayon d'affichage associé à l'enquête publique est de 6 km (distance fixée dans la nomenclature des ICPE pour la rubrique dont l'installation relève) par rapport au centre de chaque aérogénérateur du parc éolien. La liste des communes concernées par le rayon d'affichage figure dans le dossier de demande d'autorisation.

II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

II.1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Le porteur de projet et l'exploitant de l'installation projetée sont une seule et même entité. Il s'agit de la société SAS Parc éolien de Verrières, dont les caractéristiques sont fournies ci-après.

Nom du demandeur :	SAS Parc éolien de Verrières
Siège social :	Business Center – 4ème étage 3 avenue Gustave Eiffel – Teleport 1 86 360 CHASSENEUIL DU POITOU
Statut Juridique :	SAS (Société par Actions Simplifiée) au capital de 50 000 euros
Création :	20/11/2023
N° SIRET :	98184294100016
Code APE :	3511Z - Production d'électricité

L'étude de dangers du parc éolien #la plaine de Balusson# a été conduite et rédigée par la société Eolise, dont les caractéristiques sont les suivantes :



Coordonnées :
Immeuble Business Center – 4ème étage
3 avenue Gustave Eiffel – Teleport 1
86 360 CHASSENEUIL DU POITOU

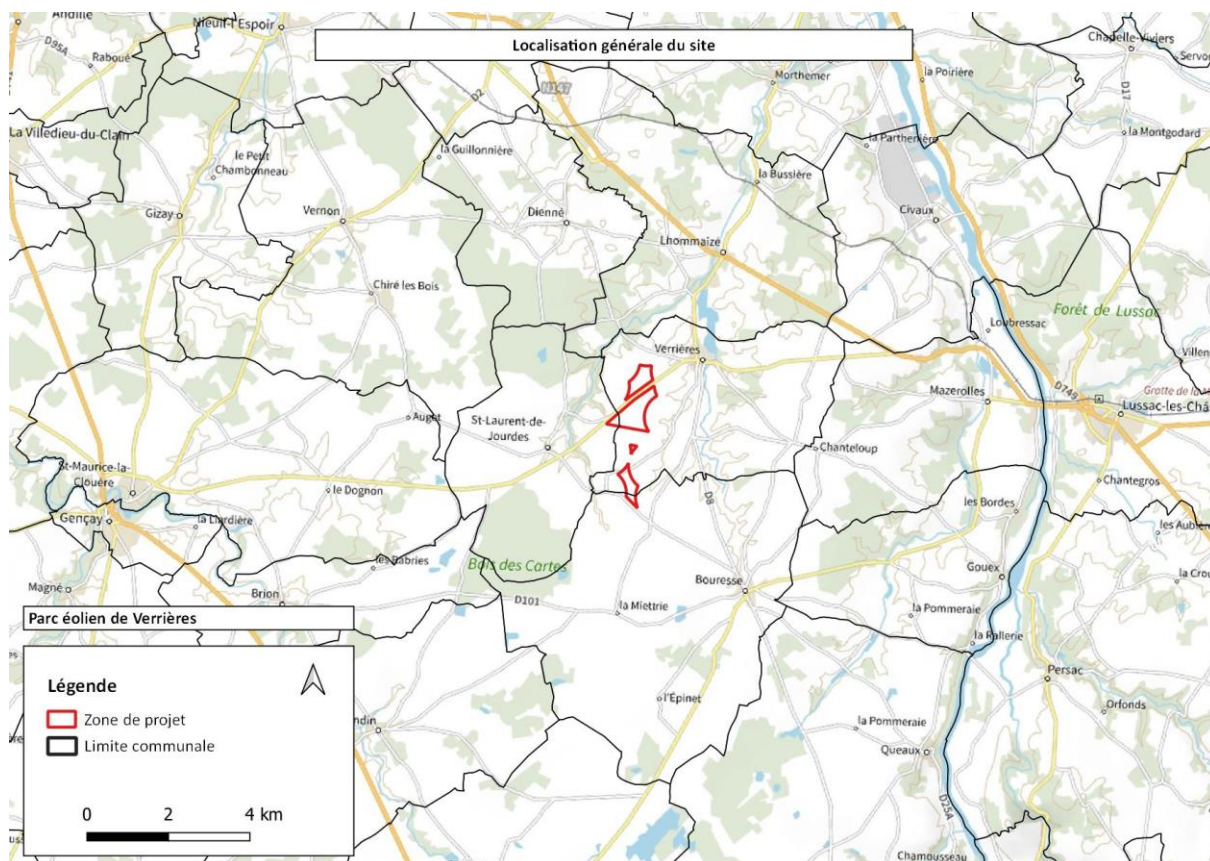
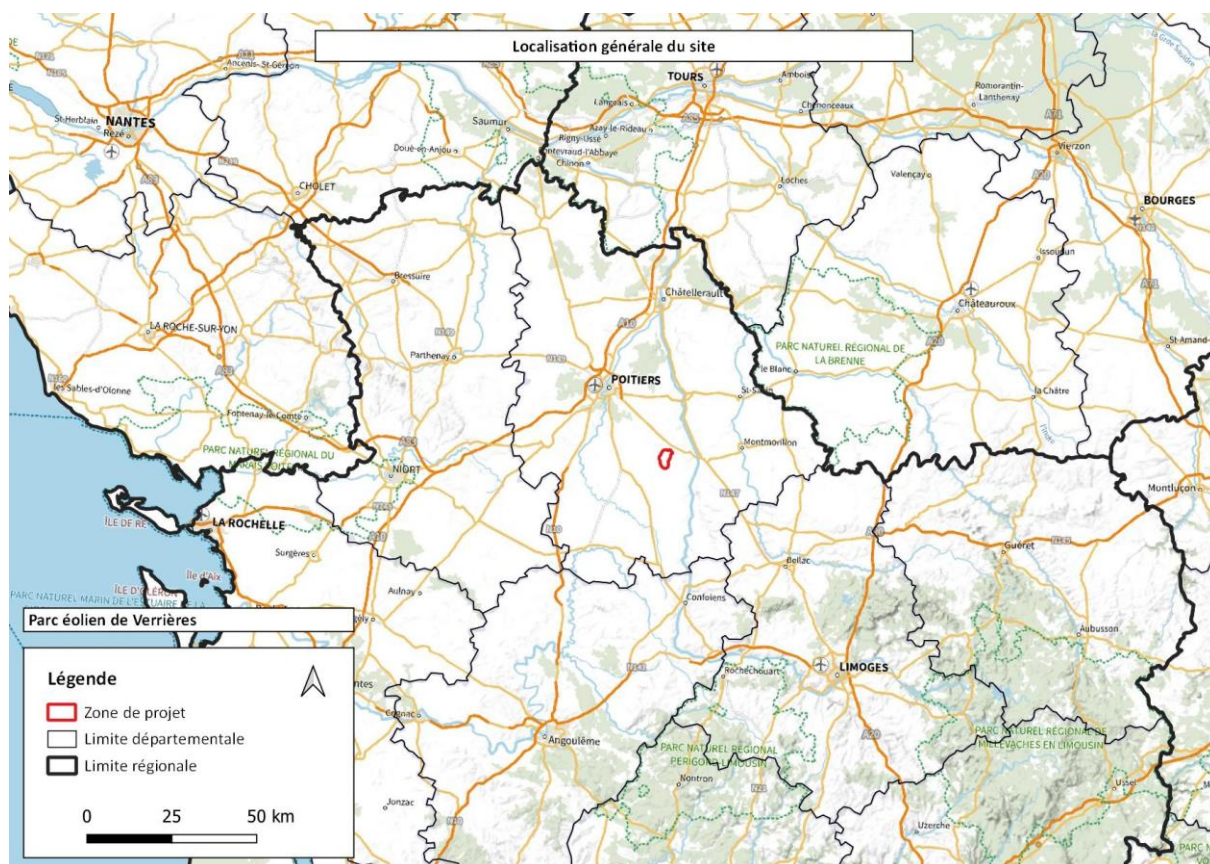
Auteurs de l'étude de dangers :
Laure Barranger, cheffe de projet
Baptiste WAMBRE, responsable développement

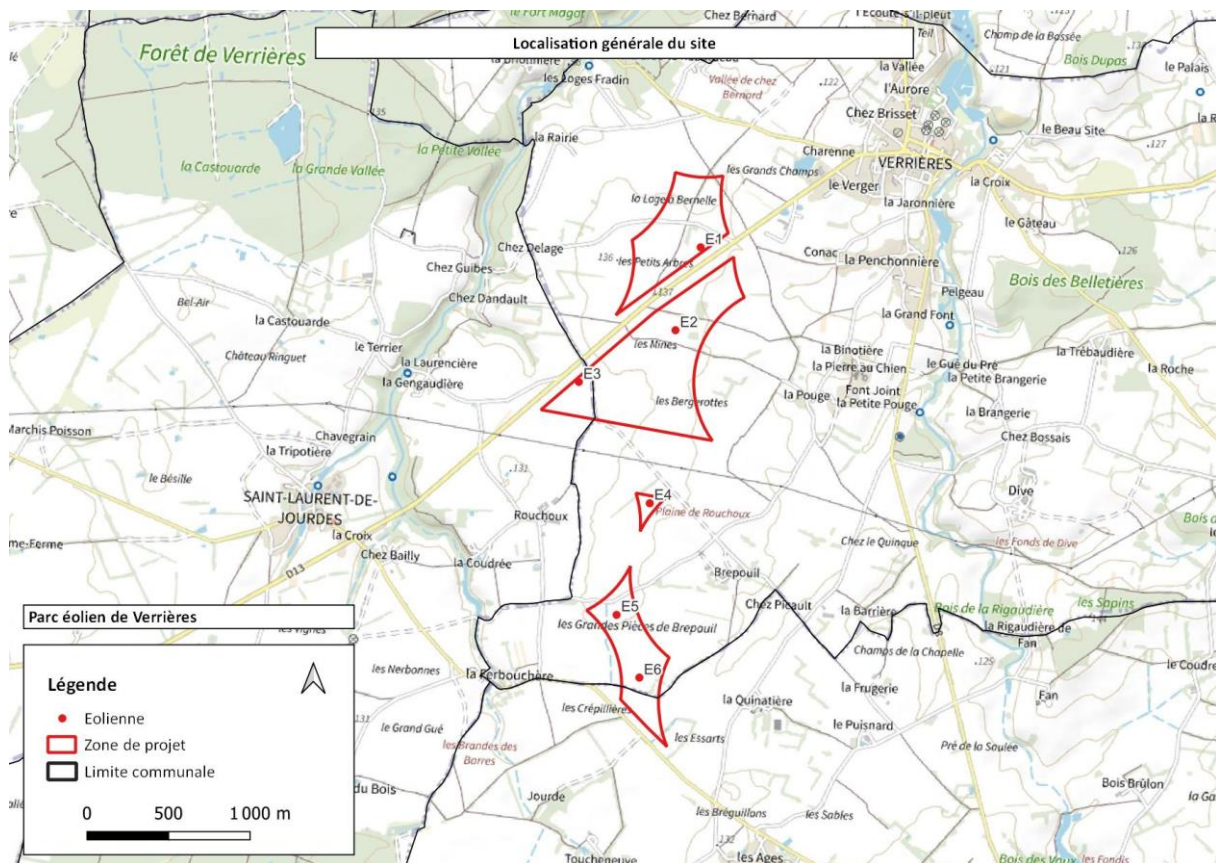
A noter que cette étude de danger a été rédigée en se basant sur le guide INERIS datant de mai 2012, mais que certaines parties ont été mises à jour pour plus de pertinence telle que :

- VI. Analyse des retours d'expérience
Avec la mise à jour de l'inventaire des accidents et incidents en France, à l'international ainsi que de l'analyse de l'évolution des accidents en France
- VIII.2.1.4 Probabilité / VIII.2.3.4 Probabilité / VIII.2.4.4 Probabilité
Ce qui correspond à la mise à jour des probabilités pour les scénarios : effondrement de l'éolienne, chute d'élément d'une éolienne et projection de pale ou fragments de pale
- Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française
- Et quelques articles concernant la réglementation.

II.2 LOCALISATION DU SITE

Le parc éolien de Verrières, composé de 6 aérogénérateurs, est localisé sur les communes de Verrières et Saint-Laurent-de-Jourdes, dans le département de la Vienne 86, en région Nouvelle-Aquitaine.





II.3 DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 mètres à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe VIII.2.4.

La zone d'étude n'intègre pas les environs des postes de livraison, qui sont 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 des postes de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

La carte de situation en page suivante présente l'emprise des éoliennes, la zone d'étude de 500 m autour de chaque éolienne, ainsi que les principaux éléments de l'environnement proche.

Les postes de livraison et le raccordement au parc sont représentés dans les pages suivantes.



III. 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).

III.1 ENVIRONNEMENT HUMAIN

III.1.1 ZONES URBANISEES

La zone d'implantation des éoliennes se trouve sur les communes de Verrières et Saint-Laurent-de-Jourdes, se trouvant dans la communauté de communes Vienne et Gartempe, dans le département de la Vienne 86.

- **Population**

La commune de Verrières s'étend sur un territoire de 19,6 km² et compte 951 habitants en 2020. L'urbanisation est plutôt étalée et dispersée sur cette commune. En effet, les habitations sont réparties entre le bourg et plusieurs hameaux tels que La Rairie, Dive, Les Petites et les Grandes Loges.

La commune de Saint-Laurent-de-Jourdes a une superficie de 18km². Elle connaît une très faible diminution de sa population de l'ordre de 0,7 % entre 2014 et 2020 et comptabilise 199 habitants selon le dernier recensement de l'INSEE (chiffre 2021). L'urbanisation quant à elle est répartie sur plusieurs hameaux.

Tableau 2 : Recensement de la population sur l'aire d'étude en 2011 et 2016 et densité (source : Insee)

	Verrières	Saint-Laurent-de-Jourdes	Bouresse
Population en 2014	986	208	564
Population en 2020	951	199	607
Variation annuelle moyenne de la population entre 2014 et 2020	-0,6%	- 0,7%	1,2%
Densité moyenne (hab/km²)	48,6	11,1	16,6

- **Habitations les plus proches**

L'article 3 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 n°2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, prévoit que : « l'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de [...] 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 ».

Aussi, conformément à cet article, les éoliennes du présent projet ont été implantées à une distance minimale de 500 m de toute construction à usage d'habitation et de tout immeuble habité.

Les distances entre les éoliennes et les habitations les plus proches identifiées à proximité sont récapitulées dans le tableau ci-après.

A noter : toutes les distances ont été mesuré par rapport au centre du mat des éoliennes tout au long de l'étude de danger.

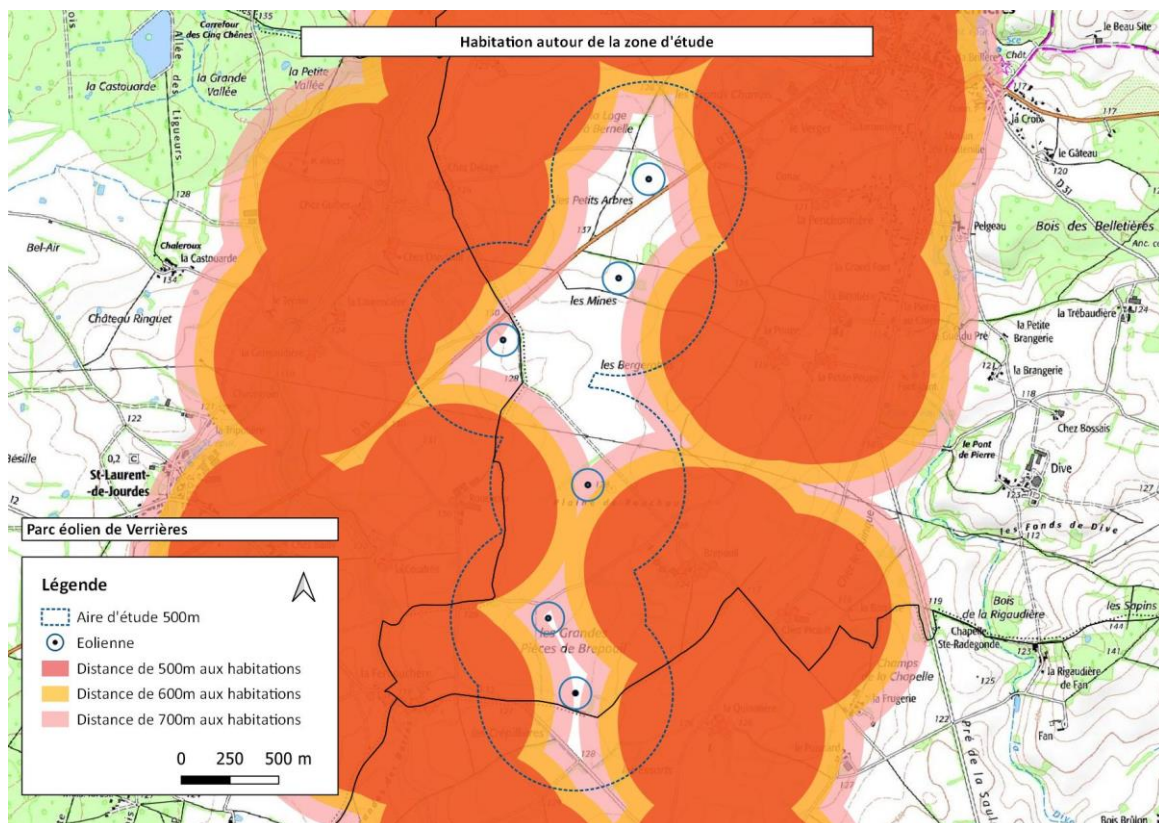
Tableau 3 : Distance entre les éoliennes et les habitations les plus proches

Commune	Lieu-dit	Eolienne concernée	Distance entre le mât de l'éolienne et l'habitation
Verrières	Le Verger	E1 *	785m
Verrières	La Rabardeau	E1	1027 m
Verrières	La Rairie	E1	924 m
Verrières	La Pouge	E2 *	780 m
Saint-Laurent-de-Jourdes	Chez Dandoult	E3 *	720 m
Saint-Laurent-de-Jourdes	Rouchoux	E4	681 m
Verrières	Brepouil	E4 *	645 m
Verrières	La Ferbouchère	E5*	707 m
Saint-Laurent-de-Jourdes	Rouchoux	E5	713 m
Verrières	Brepouil	E5	721 m
Bouresse	La Ferbouchère	E6*	705 m
Bouresse	La Quinatière	E6	730m

Ces distances sont toutes supérieures au seuil réglementaire de 500 m. La distance la plus faible entre une habitation et une éolienne est de 645 m (distance entre Brepouil et E4) , la distance concernant l'éolienne la plus éloignée est de 785 m (distance entre Le Verger et E1). Ainsi, la distance minimum moyenne entre une éolienne et une habitation la plus proche est de 723 m. (* distances utilisées pour calculer la moyenne)

Il y a donc uniquement une éolienne, E4 qui se trouve à moins de 700m des habitations. Les éoliennes E3, E5 et E6 se trouvent entre 705 et 720m des habitations. Enfin, les deux autres éoliennes sont encore plus éloignées avec une distance minimum aux habitations qui est de 780 mètres pour E2 et 785 mètres pour E1

De plus, les éoliennes sont assez éloignées du bourg des communes. En effet, l'éolienne la plus proche du centre bourg de Verrières se trouve à 1,5km. L'éolienne E3, se trouve à 1,7km du bourg de Saint-Laurent-de-Jourdes et E6 à plus de 3km de celui de Bouresse.



• Zones urbanisables les plus proches

Les communes de Saint-Laurent-de-Jourdes et Bouresse possèdent chacune une carte communale. Elles sont donc placées sous le régime du RNU, codifié aux articles R.111-1 à R.111-27 du Code de l'urbanisme. Une des règles principales du RNU est celle de la constructibilité limitée aux espaces urbanisés (article L.111-3 dudit Code).

D'après l'alinéa 2 de l'article L.111-4 dudit Code, « peuvent toutefois être autorisés en dehors des parties urbanisées de la commune », notamment, « les constructions et installations nécessaires à l'exploitation agricole, à des équipements collectifs dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière sur le terrain sur lequel elles sont implantées ».

Un parc éolien entre dans ce cadre, puisque les éoliennes peuvent être considérées comme des équipements collectifs d'intérêt public. Trois arrêts rendus par le Conseil d'État le 13 juillet 2012 (n°343306, n°345970 et n°349747) soulignent en effet qu'elles contribuent à la satisfaction d'un besoin collectif par la production d'électricité vendue au public, et en ce sens, peuvent donc être qualifiées de la sorte.

De plus, elles sont compatibles avec l'exercice d'une activité agricole. Elles ne constituent pas d'obstacles pour l'utilisation des machines et outils agricoles et ne consomment pas beaucoup d'espace une fois en fonctionnement. Elles permettent ainsi que les activités existantes ou potentielles se poursuivent normalement ou se mettent en place (RNU).

La commune de Verrières possède un Plan Local d'Urbanisme, approuvé le 11/05/2005. Les éoliennes sont concernées par les secteurs A et N, il est indiqué que les constructions et installations nécessaires aux services publics ou d'intérêt collectif sont autorisées. Les éoliennes rentrent dans cette catégorie.

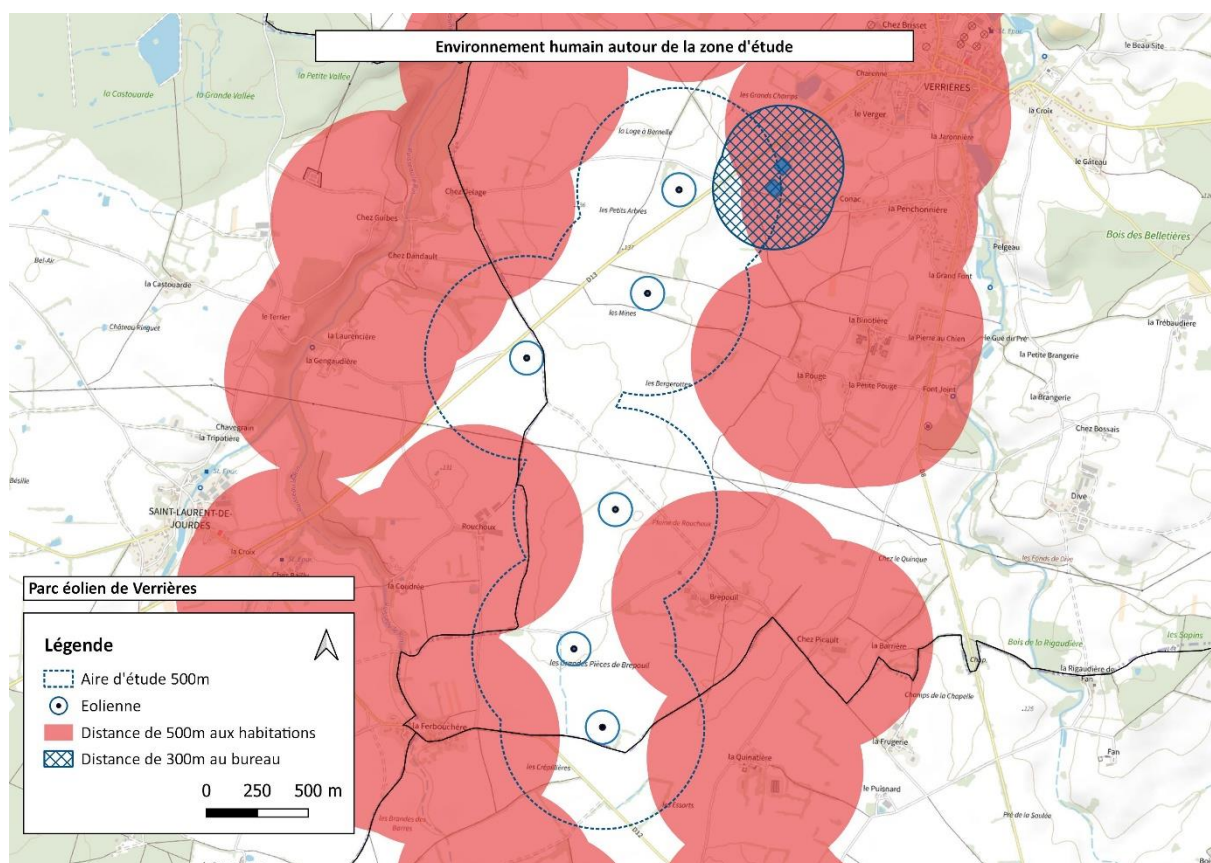
Les trois communes précédemment citées sont concernées par la réalisation d'un Plan local d'Urbanisme Intercommunale en cours de réalisation sur la communauté de communes Vienne et Gartempe. Le PADD a été approuvé en conseil communautaire le 27 avril 2023. Celui-ci, va dans le sens du développement des Energies renouvelables, toutefois, les sites prestigieux tel que la Vienne et la Gartempe ayant une haute valeur paysagère sont à préserver. Les Orientations d'aménagement et le règlement ne sont pas publiés à ce jour. Le porteur de projet prêtera attention à la publication de ces documents opposables et à leur comptabilité avec le projet.

- Bureau

Conformément à l'article 5 de l'arrêté du 26 août 2011 sur les effets liés aux ombres des éoliennes, la réglementation au titre de l'ICPE impose une étude pour tout bureau situé à moins de 250 m d'une éolienne.

L'entreprise la plus proche du parc de Verrières se situe au nord-Est de l'aire d'étude, à environ 462m de l'éolienne la plus proche (E1).

Ainsi, aucun bureau n'est identifié dans un tel rayon autour des aérogénérateurs. Cependant, une étude d'ombre est tout de même réalisée pour les habitations les plus proches, elle est consultable dans le volet étude d'impact environnemental et ses annexes.



III.1.2 ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Le terme établissement recevant du public (ERP) est défini à l'article R.123-2 du Code de la construction et de l'habitation, et désigne les lieux publics ou privés accueillant des clients ou des utilisateurs autres que les employés qui sont, eux, protégés par les règles relatives à la santé et sécurité au travail. Cela regroupe un très grand nombre d'établissements : cinémas, théâtres, magasins, bibliothèques, écoles, universités, hôtels, restaurants, hôpitaux, gares, salle des fêtes, maison de retraite...

- Zones commerciales

Le périmètre d'étude ne compte pas d'activité commerciales. Une zone d'activité économique se trouve en partie dans la zone d'étude, il s'agit de la zone des Grands Buissons sur la commune de Verrières. (voir carte précédente)

- Etablissements sensibles

Les établissements sensibles sont les crèches, les écoles (maternelles et élémentaires), les collèges et les lycées ainsi que les établissements hébergeant des enfants handicapés, les établissements de soins et les maisons de retraite.

Tableau 4 : Distance entre les éoliennes et les établissements sensibles les plus proches

Commune	Etablissement sensible	Eolienne concernée	Distance avec le mât de l'éolienne
Verrières	EHPAD – Résidence l’Orée du Verger	E1	1,5 km
Verrières	Ecole primaire de Verrières	E1	1,2 km
Bouresse	Ecole primaire de Bouresse	E6	3,4 km

Excepté les trois établissements cités ci-dessus, aucun autre établissement sensible n’est recensé sur les communes de Verrières, Saint-Laurent-de-Jourdes et Bouresse. Ainsi, l’établissement sensible le plus proche de l’aire d’étude se trouve à environ 1,2 kilomètres de l’éolienne la plus proche.

Il n’existe aucun établissement sensible dans la zone d’étude de 500 m.

• Etablissements touristiques

Dans la commune de Verrières, deux établissements touristiques ont été recensés, un hôtel 2 étoiles (Les Deux Porches) ainsi qu’un gîte (Château de la Brillère), qui se trouvent respectivement à environ 1.5 km et 1.9 km de l’éolienne la plus proche du parc de Verrières. Quatre hébergements touristiques ont été recensés sur la commune de Bouresse, ils se situent tous dans le bourg de la commune, à plus de 3km de l’éolienne la plus proche (E6).

Aucun établissement touristique n’est recensé sur la commune de Saint-Laurent-de-Jourdes.

Il n’existe aucun établissement accueillant des touristes dans la zone d’étude des 500 m retenue.

Les ERP les plus proches sont situés dans le bourg de Verrières à environ 1.5 km à l’est de l’éolienne E1. Il n’existe donc pas d’ERP dans la zone d’étude de 500 m des éoliennes.

III.1.3 INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L’ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLEAIRES DE BASE (INB)

L’article 4 de l’arrêté du 22 juin 2020 prévoit que : «l’installation est implantée à une distance minimale de 300 mètres : d’une installation nucléaire de base visée par l’article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d’une installation classée pour la protection de l’environnement relevant de l’article L. 515-32 du code de l’environnement. Les distances d’éloignement sont mesurées à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur de l’installation. »

• ICPE

D’après la base de données des ICPE du Ministère de l’Environnement du Développement Durable et de l’Energie (www.georisques.gouv.fr) consultée en février 2024, le département de la Vienne compte 2 établissements classés SEVESO seuil haut et 4 établissements classés SEVESO seuil bas sur l’ensemble de son territoire.

Tableau 5 : Liste des établissements classés SEVESO seuil haut dans la Vienne (Source : Georisques)

Nom de l'établissement	Adresse	Commune	Régime en vigueur	Statut SEVESO	Date de dernière inspection
Bolloré Energy ↗	24 route du 21ème Siècle	86360 Chasseneuil-du-Poitou	Autorisation	Seveso seuil haut	06/06/2023
Cérience ↗	4 avenue de la cour d'Hénon	86170 Cissé	Autorisation	Seveso seuil haut	09/11/2023

Tableau 6 : Liste des établissements classés SEVESO seuil bas dans la Vienne (Source : Georisques)

Nom de l'établissement	Adresse	Commune	Régime en vigueur	Statut SEVESO	Date de dernière inspection
Centre Ouest Céréales ↗	3 impasse de la Gare	86190 Chalandray	Autorisation	Seveso seuil bas	10/11/2022
Centre Ouest Céréales ↗	La Vallée de Sainfoin	86300 Leignes-sur-Fontaine	Autorisation	Seveso seuil bas	01/07/2021
Centre Ouest Céréales ↗	Lieu-dit "Les Hommes Guillaume"	86400 Saint-Pierre-d'Exideuil	Autorisation	Seveso seuil bas	04/12/2023
Terrena ↗	Rue de la Gare	86200 La Roche-Rigault	Autorisation	Seveso seuil bas	29/03/2023

Le plus proche est situé à environ 22 km au nord-est de l'aire d'étude, à Leignes-sur-Fontaine. Il s'agit de Centre Ouest Céréales.

Selon la même source, les communes de l'aire d'étude comptent 3 ICPE soumises à enregistrement et 1 installation soumise à autorisation sur la commune de Bouresse.

Tableau 7: Liste des installations classées sur la commune de Verrières (Source : Georisques)

Nom de l'établissement	Adresse	Commune	Régime en vigueur	Statut SEVESO	Date de dernière inspection
AUZANNEAU Jean-Charles ↗	45, route de Lhommaizé	86410 Verrières	Enregistrement	Non Seveso	24/01/2023

Tableau 8 : Liste des installations classées sur la commune de Saint-Laurent-de-Jourdes (Source : Georisques)

Nom de l'établissement	Adresse	Commune	Régime en vigueur	Statut SEVESO	Date de dernière inspection
BELICAUD JOHAN ↗	LE BOURG	86410 ST LAURENT DE JOURDES	Enregistrement	Non Seveso	

Tableau 9 : Liste des installations classées sur la commune de Bouresse (Source : Georisques)

Nom de l'établissement	Adresse	Commune	Régime en vigueur	Statut SEVESO	Date de dernière inspection
SAS BIO ENERGIES RIVAUT ↗	Le Rivault	86410 BOURESSE	Enregistrement	Non Seveso	

Nom de l'établissement	Adresse	Commune	Régime en vigueur	Statut SEVESO	Date de dernière inspection
SCEA DU RIVAUT ↗	LE RIVAUT	86410 BOURESSE	Autorisation	Non Seveso	

D'après les informations recueillies sur le même site (georisques.gouv.fr), les communes de Verrières, Saint-Laurent-de-Jourdes et Bouresse ne sont concernées par aucun risque industriel majeur et donc par aucun Plan de Prévention du Risque technologique (PPRT) approuvé ou en cours d'élaboration.

L'aire d'étude n'est concernée par aucune installation classée pour la protection de l'environnement.

- Installation Nucléaire de Base (INB)

D'après le site www.asn.fr, une installation nucléaire se trouve à 8 km de la zone d'étude, il s'agit de la centrale nucléaire de Civaux. Les communes de Verrières, Saint-Laurent-de-Jourdes et Bouresse sont concernées par le risque nucléaire comme détaillé dans leur DICRIM respectif. Cependant, il n'existe aucune INB au niveau de l'aire d'étude.

L'aire d'étude n'est concernée par aucune installation nucléaire de base.

III.1.4 AUTRES ACTIVITES

- Activités commerciales

Il n'existe aucune activité commerciale dans les limites de l'aire d'étude de dangers.

- Activités industrielles

La base de données des Cartes des Anciens Sites Industriels et Activités de Service (CASIAS) du BRGM recensant les sites potentiellement pollués par département (georisques.gouv.fr) a été consulté.

9 CASIAS ont été recensé sur les communes de l'aire d'étude. Il y en a 5 sur la commune de Verrières, 2 sur la commune de Saint-Laurent-de-Jourdes et 2 aussi sur la commune de Bouresse. Cependant aucun de ces sites ne se trouvent sur l'aire d'étude.

Tableau 10 : Liste des CASIAS sur la commune de Verrières (Source : Georisques)

N° Identifiant BASIAS	Dernière raison sociale de l'entreprise	Nom usuel	Adresse principale	Commune principale	Activité	Etat d'occupation de l'établissement
POC8601394	Baud Robert	Dépôt de gaz combustible liquéfié	rue de la Poste	86410 VERRIERES		Indéterminé
POC8600397	Blet Raoul	Dépôt d'essence				En arrêt
POC8601380	Lavril Maurice	Dépôt de gaz combustible liquéfié				Indéterminé
POC8601385	Mme Raby Marie- Thérèse	Dépôt de gaz combustible liquéfié				Indéterminé
POC8601758	AUZANNEAU Jean-Charles, garagiste	Garage- tôlerie- peinture- distribution de carburants	route de Lhonnaizé	86410 VERRIERES		Indéterminé

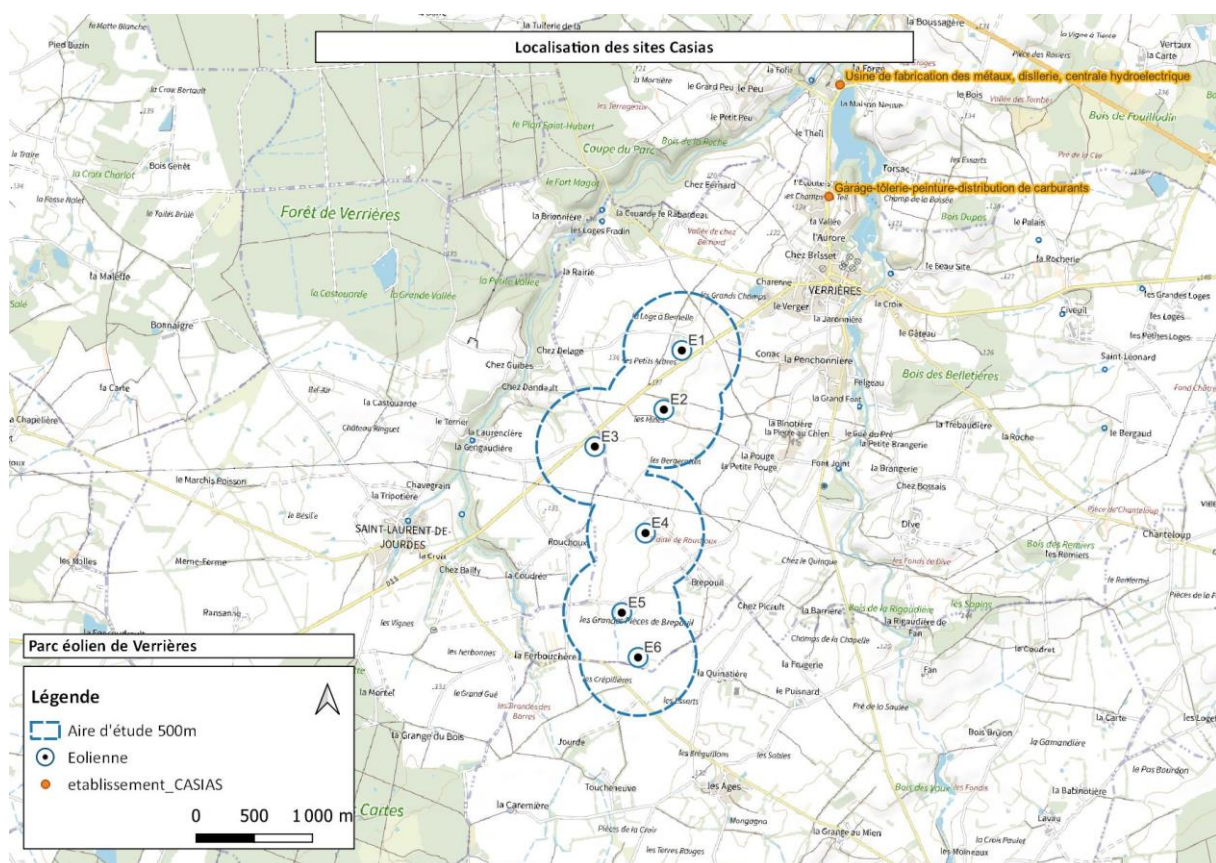
Tableau 11 : Liste des CASIAS sur la commune de Saint-Laurent-de-Jourdes (Source : Georisques)

N° Identifiant BASIAS	Dernière raison sociale de l'entreprise	Nom usuel	Adresse principale	Commune principale	Activité	Etat d'occupation de l'établissement
POC8601109	Bellicaud Jean	Dépôt liquides inflammables				Indéterminé
POC8601122	Artaud Michel	Dépôt liquides inflammables				Indéterminé

Tableau 12 : Liste des CASIAS sur la commune de Bouresse (Source : Georisques)

N° Identifiant BASIAS	Dernière raison sociale de l'entreprise	Nom usuel	Adresse principale	Commune principale	Activité	Etat d'occupation de l'établissement
POC8600077	Bienvenu Joseph	Garage				Indéterminé
POC8601285	Lavaud Camille	Dépôt de gaz combustible liquéfié				Indéterminé

Aucun établissement industriel ou artisanal en activité n'est localisé dans les limites de la zone d'étude de 500 m. Le site le plus proche se trouve à 1,8km de l'éolienne la plus proche (E1).

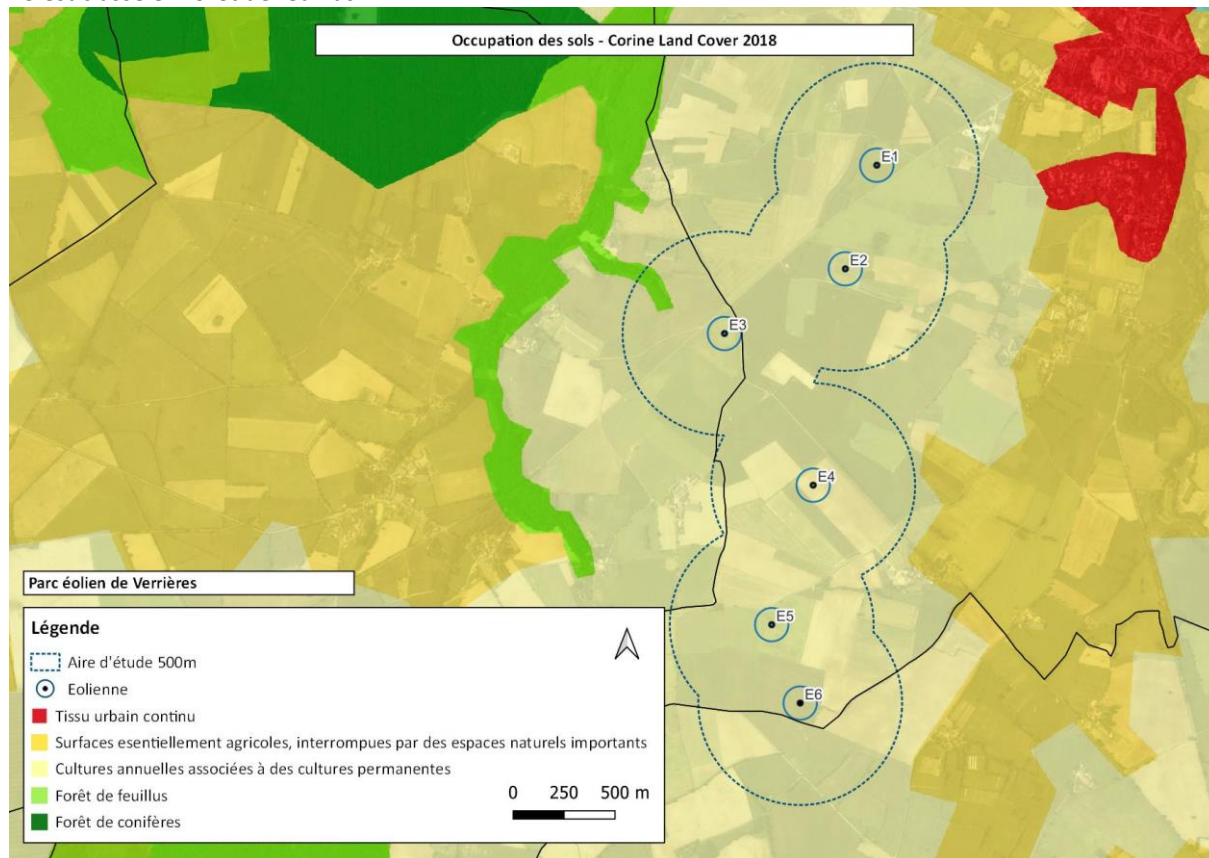


Le site internet du MEDDE répertoriant dans sa base de données BASOL les sites et sols (potentiellement) pollués appelant une action des pouvoirs publics à titre préventif ou curatif (www.basol.developpement-durable.gouv.fr) a également été consulté. Aucun site de ce type n'est localisé dans les limites de la zone d'étude de 500 m.

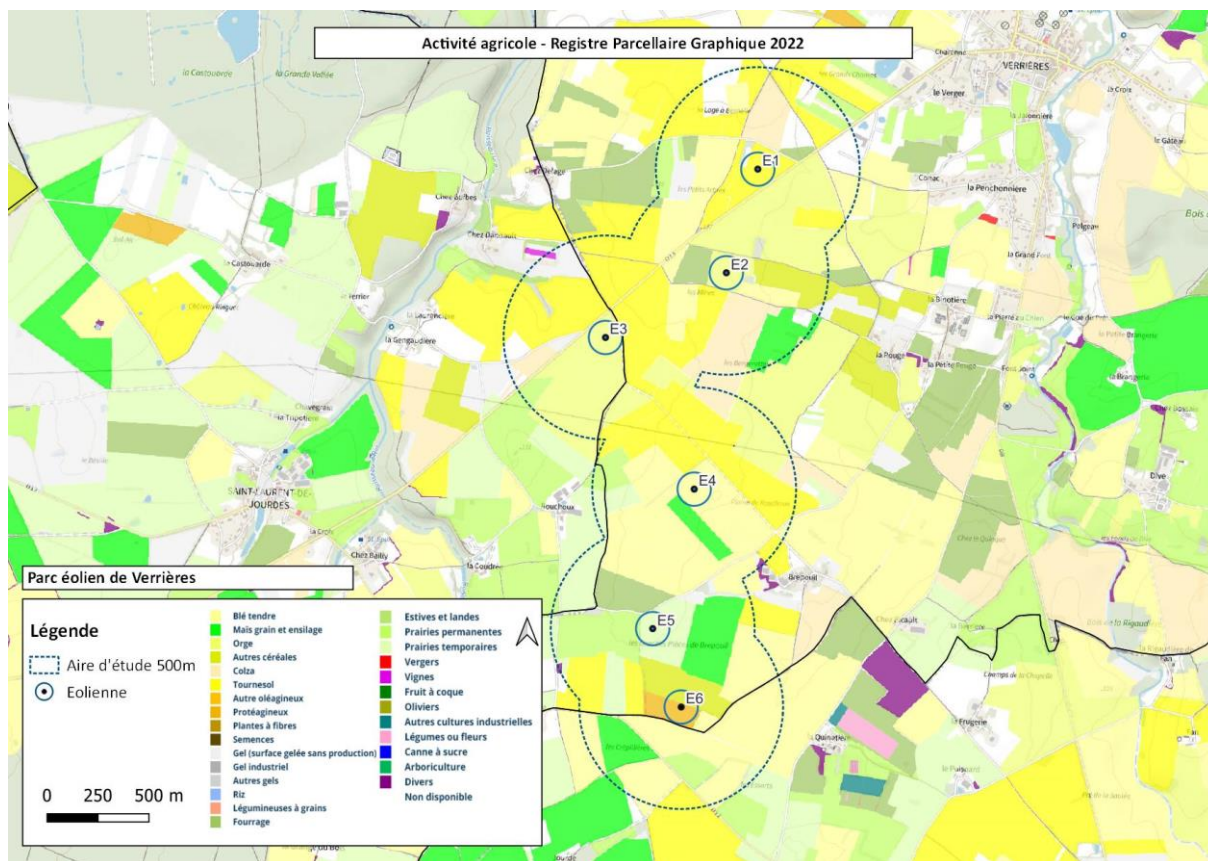
Nous pouvons donc considérer qu'il n'y a pas de site suffisamment proche du futur parc éolien susceptible, par la nature de ses activités, de constituer un potentiel de danger pour le parc (c'est-à-dire pouvant impacter le site par effet de projection, rayonnement thermique ou propagation d'incendie – effets domino).

- Activités agricoles

La base de données géographique CORINE Land Cover est produite dans le cadre du programme européen de coordination de l'information sur l'environnement CORINE. Cet inventaire biophysique de l'occupation des terres fournit une information géographique de référence pour 38 états européens, dont la France. Celui de 2018 nous apprend que toute l'aire d'étude fait partie des cultures annuelles. Une petite partie à l'ouest du périmètre de E3 est classé en forêt de feuillus.



De plus, d'après cette base de données et le Registre Parcellaire Graphique (RPG 2022), les parcelles d'implantation et voisines des futures installations du parc sont occupées principalement par des cultures de colza, de blé, de maïs, d'orge et de tournesol, comme le montre la carte ci-contre. Le contexte d'implantation du parc est donc principalement agricole. En effet, la parcelle d'implantation de l'éolienne E1 est une culture de tournesol, E2 et E3 d'Orge d'Hiver, E4 Blé tendre d'hiver, E5 se trouve sur une prairie et E6 sur une culture de pois de printemps. Selon les années l'assolement évolue et la culture change au niveau de chaque éolienne, ici l'année de référence est 2022.



Le parc éolien ne comportera aucune bordure ni barrière autour des éoliennes. Ainsi, le risque de collision existe entre un engin agricole et le mât. Ce paramètre sera pris en compte dans la suite de l'étude.

A noter que les agriculteurs potentiellement présents à proximité du futur parc seront considérés comme des cibles potentiellement exposées aux phénomènes dangereux associées aux installations techniques.

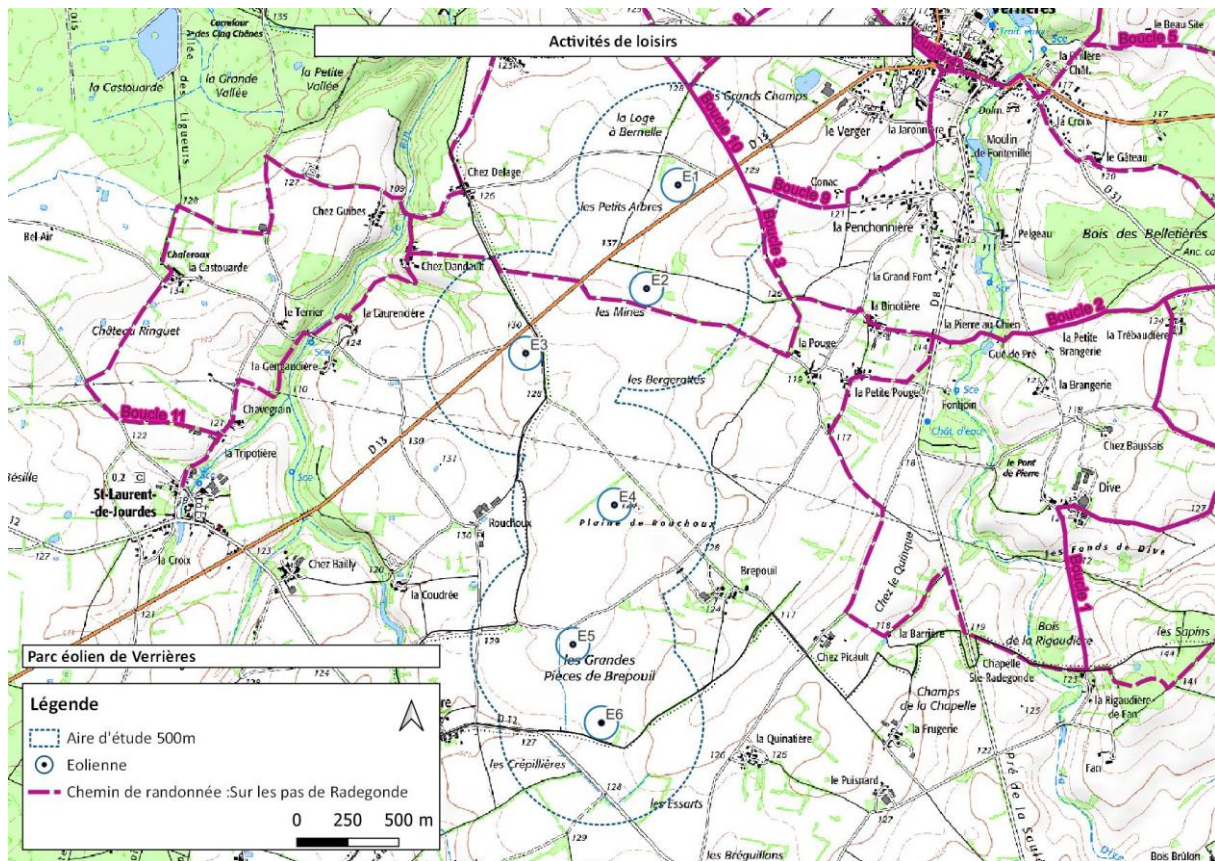
• Activités de loisir

Des activités de loisir peuvent être pratiquées au sein de l'aire d'étude, principalement des promenades et randonnées (présence de chemins de randonnées au sein de l'aire d'étude, voir carte ci-dessous), pédestres comme VTT. Il n'existe pas de circuit de Grande Randonnée (GR) dans l'aire d'étude, ni de base de loisir.

3 boucles du sentier «Sur les pas de Radegonde» sont concernées par l'aire d'étude de 500m autour des éoliennes. Il s'agit des boucles n°3 et n°9, dans le périmètre de E1 et la boucle n°10 concernée par E2 et E3.

Au vu de la localisation proche de ces chemins (dans la zone d'étude de 500 m des éoliennes), les promeneurs présents à proximité du futur parc seront considérés comme des cibles potentiellement exposées aux phénomènes dangereux associées aux installations techniques. En effet, ils sont pris en compte dans la méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne.

De plus, une signalétique sera mise en place afin de maximiser la sécurité des potentiels randonneurs et cyclistes, se référant à l'étude d'impact.



III.1.5 ACTE DE MALVEILLANCE

Le futur parc éolien pouvant être considéré comme sensible, il peut être envisagé, bien que ce soit peu plausible, qu'une action délibérée vise à provoquer un accident grave (déclenchement d'un incendie, sabotage des systèmes de sécurité, dégradation des appareils, ...). La malveillance (considérée comme événement externe susceptible de conduire à des accidents sur site) concerne à la fois les tiers mais aussi le personnel présent de façon permanente ou occasionnelle sur le site (employés, sous-traitants, ...). L'occurrence d'un acte de malveillance est difficilement quantifiable. Aussi, son traitement dans cette étude se limitera à l'évoquer lorsqu'elle peut être événement initiateur d'un accident et à rapporter les mesures de lutte. Cette démarche est validée par l'arrêté du 26 mai 2014 relatif à la prévention des accidents majeurs dans les installations classées mentionnées à la section 9, chapitre V, titre Ier du livre V du code de l'environnement.

Dans le cas du site, le risque de malveillance par intrusion de personnes étrangères au site n'est pas totalement maîtrisé du fait :

- de l'isolement du parc (espace agricole éloigné de toute agglomération importante) ;
- de l'absence de gardiennage et de vidéosurveillance ;
- de la facilité d'accès aux éoliennes.

Conformément à l'article 13 de l'arrêté ministériel du 26/08/2011 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, l'exploitant s'assurera que les personnes étrangères n'ont pas libre accès à l'intérieur des aérogénérateurs, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison. Les moyens mis en place pour maîtriser les accès seront les suivants :

- fermeture à clé des portes d'accès aux aérogénérateurs et au poste de livraison ;
- gestion contrôlée des clés d'accès aux éoliennes (seulement 3 clés seront disponibles pour tous les exploitants à un endroit centralisé et sécurisé).

La probabilité d'occurrence de ces actes de malveillance réalisés par des personnes étrangères est considérée comme très faible.

Ce paramètre ne sera cependant pas pris en compte dans la suite de l'étude en application de l'arrêté du 26 mai 2014 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation cité ci-avant.

III.1.6 SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE L'ENVIRONNEMENT HUMAIN

L'analyse de l'environnement humain du site :

- indique que le risque humain associé à l'activité agricole est présent en limite immédiate des aérogénérateurs
- écarte la possibilité d'atteintes du site par des installations classées ICPE ou nucléaires
- n'indique pas de risques liés à des sources humaines tels que les habitants vivant à proximité ou les touristes de passages
- ne fait pas apparaître de sources d'agression potentielle industrielles pouvant impacter le site.

III.2 ENVIRONNEMENT NATUREL

III.2.1 CONTEXTE CLIMATIQUE

Le climat de la Vienne est de type océanique, comme on peut le voir sur la carte ci-dessous, bien que notre aire d'étude se trouve dans l'aire de transition (zone ombrée). Ce climat se caractérise par des hivers relativement doux et pluvieux ainsi que des étés tempérés avec un ciel assez variable. Toutefois, à l'intérieur des terres, ce climat est plus ou moins dégradé (hivers plus rigoureux et étés plus chauds).

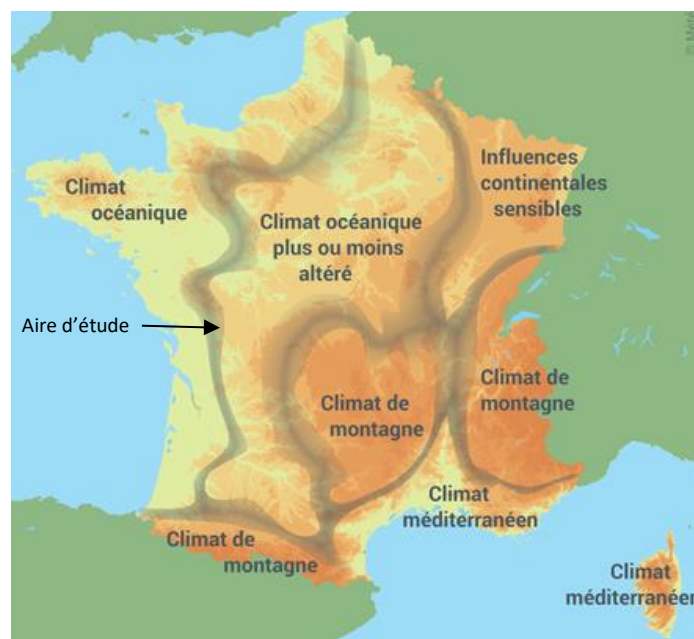


Figure 1 : Les zones climatique en France (Source : Météo-France)

• Ensoleillement

Les données climatiques relatives à l'ensoleillement de l'aire d'étude sont fournies par la station Météo France de Poitiers-Biard (86), située à environ 28 km au sud-ouest par rapport à l'aire d'étude, pour la période 1981 à 2010.

La durée moyenne d'ensoleillement est de 1 980 heures par an et le nombre moyen de jours avec un bon ensoleillement est de 77,4 jours par an.

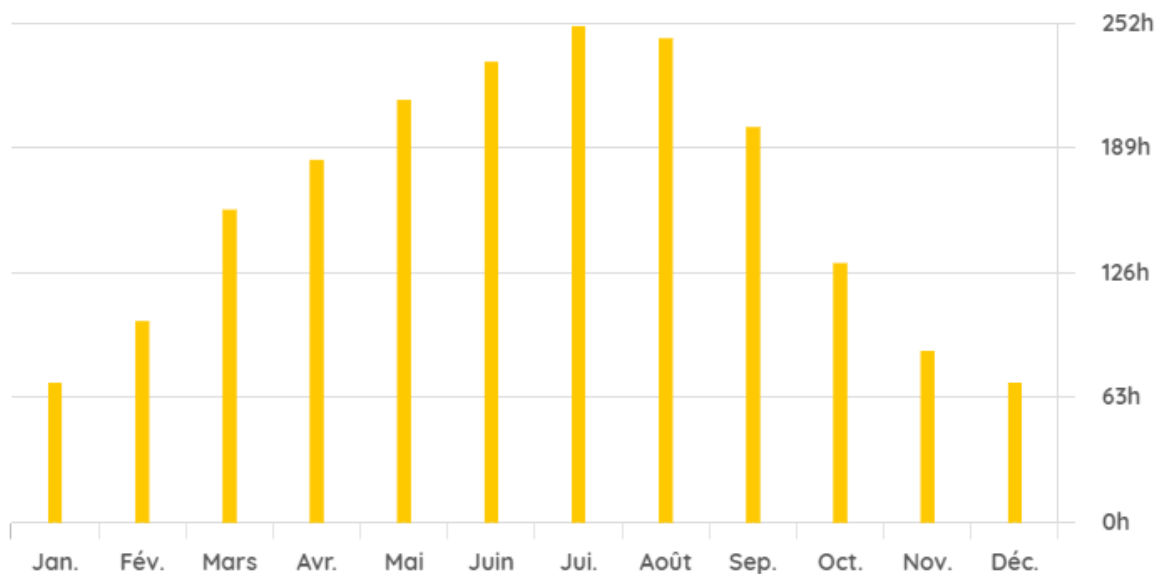


Figure 2 : Durée moyenne d'ensoleillement sur l'année à Poitiers-Biard (86). 1991-2020. (Source : d'après Météo France)

La zone d'étude est donc relativement bien ensoleillée, notamment en hiver, avec plus de 70,3 h d'ensoleillement en moyenne au mois de janvier.

• Températures

Les normales annuelles de températures fournies ci-après proviennent du récapitulatif des mesures effectuées à la station Météo France de Poitiers-Biard (86) entre 1991 et 2020.

Tableau 13 : Températures moyennes sur la station de Poitiers-Biard (86), 1991-2020. (Source : Météo France)

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température moyenne (°C)													
Minimale	2,10	1,50	3,50	5,40	8,90	12,10	13,80	13,70	10,70	8,60	4,70	2,40	7,3
Maximale	8,20	9,60	13,40	16,30	20,00	23,70	26,10	26,30	22,50	17,50	12,00	8,70	17
Moyenne	5,2	6,55	8,5	10,85	14,45	17,9	19,95	20	16,6	13,05	8,4	5,55	12,2

La température moyenne annuelle est de 12,2°C.

En été, les températures moyennes mensuelles atteignent juste les 20°C durant le mois de juillet et d'août, sachant que les températures maximales ne dépassent pas 26,3°C.

L'hiver est modéré : les moyennes enregistrées durant les mois de décembre à février avoisinent les 5°C et les minimales sont proches de 2°C.

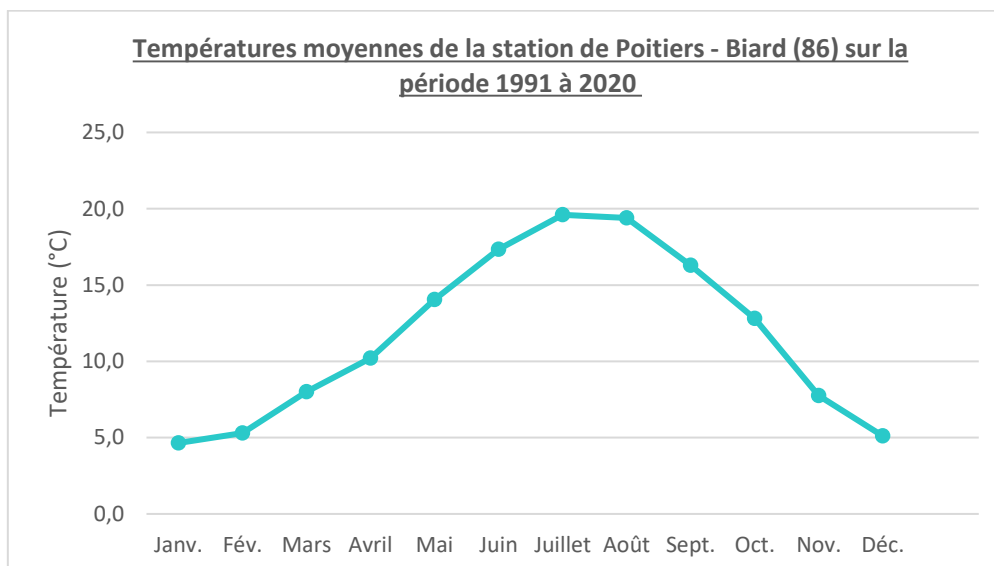


Figure 3 : Températures moyennes à Poitiers-Biard (86), 1991-2020. (Source : d'après Météo France)

L'amplitude thermique, correspondant à la différence entre la moyenne du mois le plus chaud (Aout : 20°C) et celle du mois le plus froid (janvier : 5,2°C), s'élève à 14,8°C.

De plus, on enregistre une moyenne comprise entre 40 et 60 jours annuels de gel dans la Vienne.

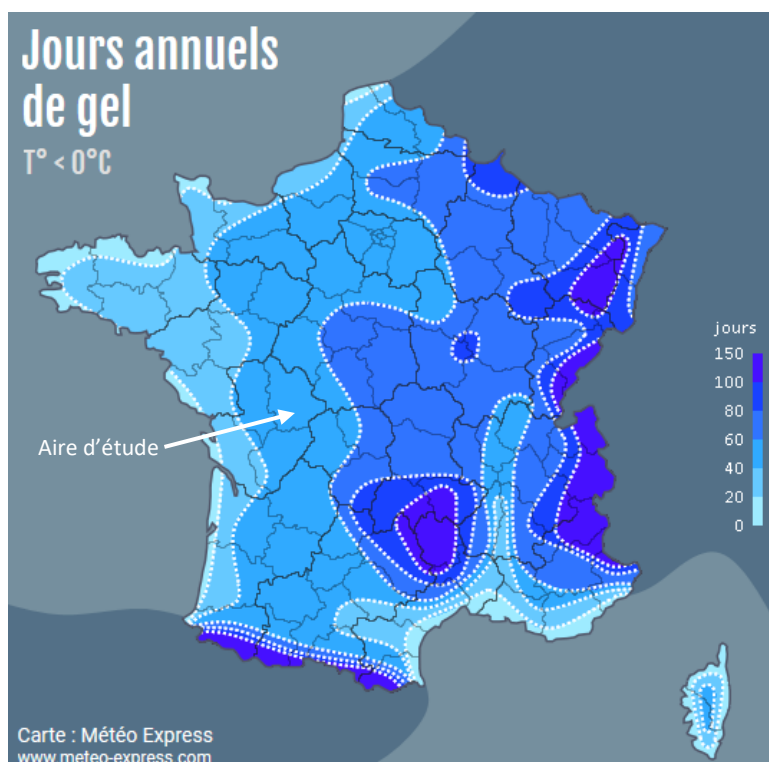


Figure 4 : Jours annuels de gel en France

• Précipitations

Les hauteurs mensuelles de précipitations moyennes sont relevées sur la station Météo France de Poitiers-Biard (86), pour la période 1991-2020.

Tableau 14 : Précipitations moyennes sur la station de Poitiers-Biard (86), 1991-2020. (Source : Météo France)

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Précipitations moyenne (mm)	61,1	47,3	49,1	52,8	63,9	59,6	45,5	43,3	52,9	72,4	74,8	72,6	695,3

La zone d'étude présente une pluviométrie modérée, avec un cumul annuel moyen de 695,3mm. La moyenne des précipitations au cours de l'année est de 57,9 mm par mois.

La plus forte amplitude s'observe entre le mois chaud et sec d'août (43,3 mm) et le mois de novembre (74,8 mm).

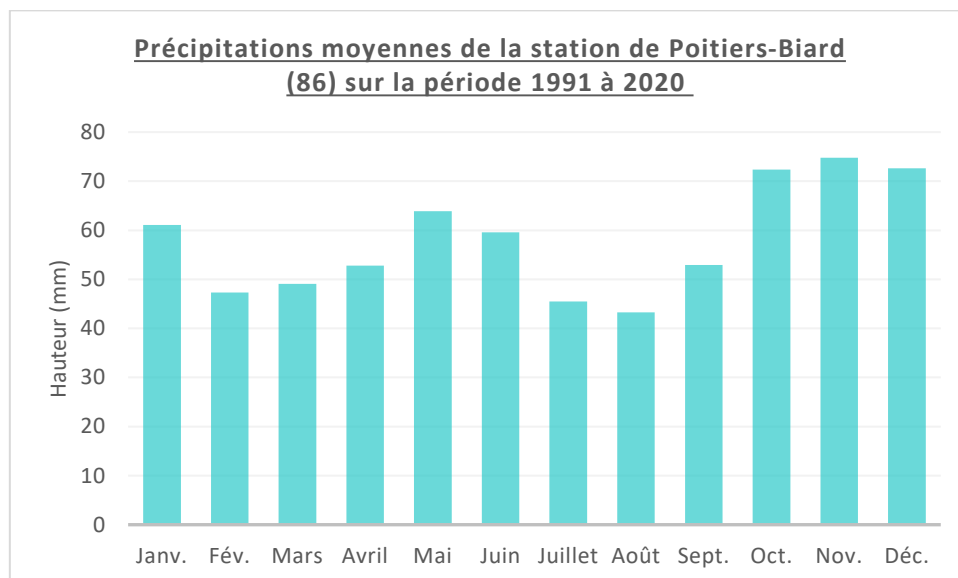


Figure 5 : Précipitations moyennes à Poitiers-Biard (86), 1991-2020. (Source : d'après Météo France)

• Vents

D'après l'Atlas du Potentiel Eolien de l'ancienne région Poitou-Charentes (carte ci-dessous), la zone d'implantation du projet bénéficie de conditions favorables au développement de projets éoliens, puisque le potentiel éolien du secteur est estimé entre 6 et 6,5m/s à 100 mètres d'altitude.

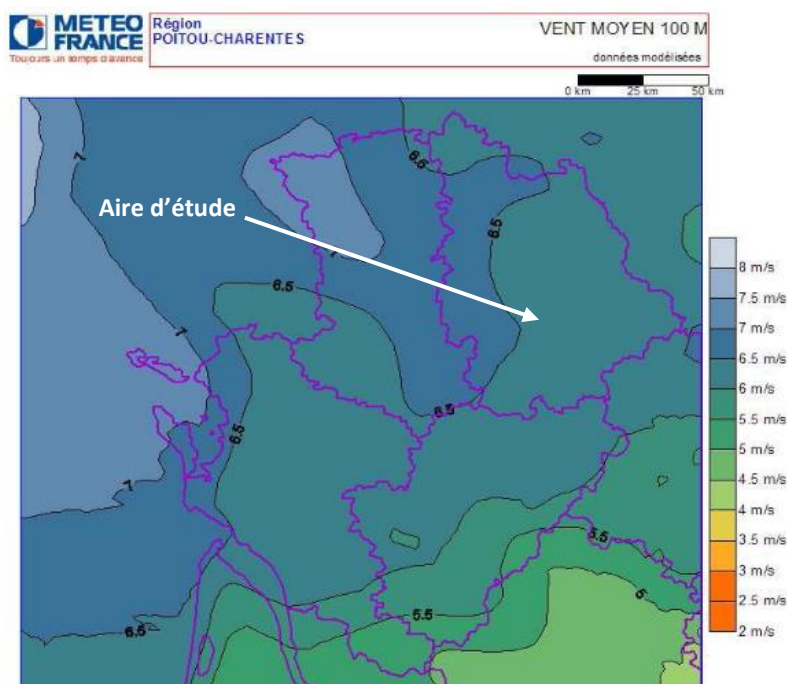


Figure 6 : Potentiel éolien de l'ancienne région Poitou-Charentes
(Source : Atlas du Potentiel Eolien de la région Poitou-Charentes, 2011)

Rose des vents

La rose des vents de Verrières 86 obtenue grâce aux modélisations de Meteoblue, détermine les secteurs de vents dominants sur les 30 dernières années pour une hauteur de 10 mètres.

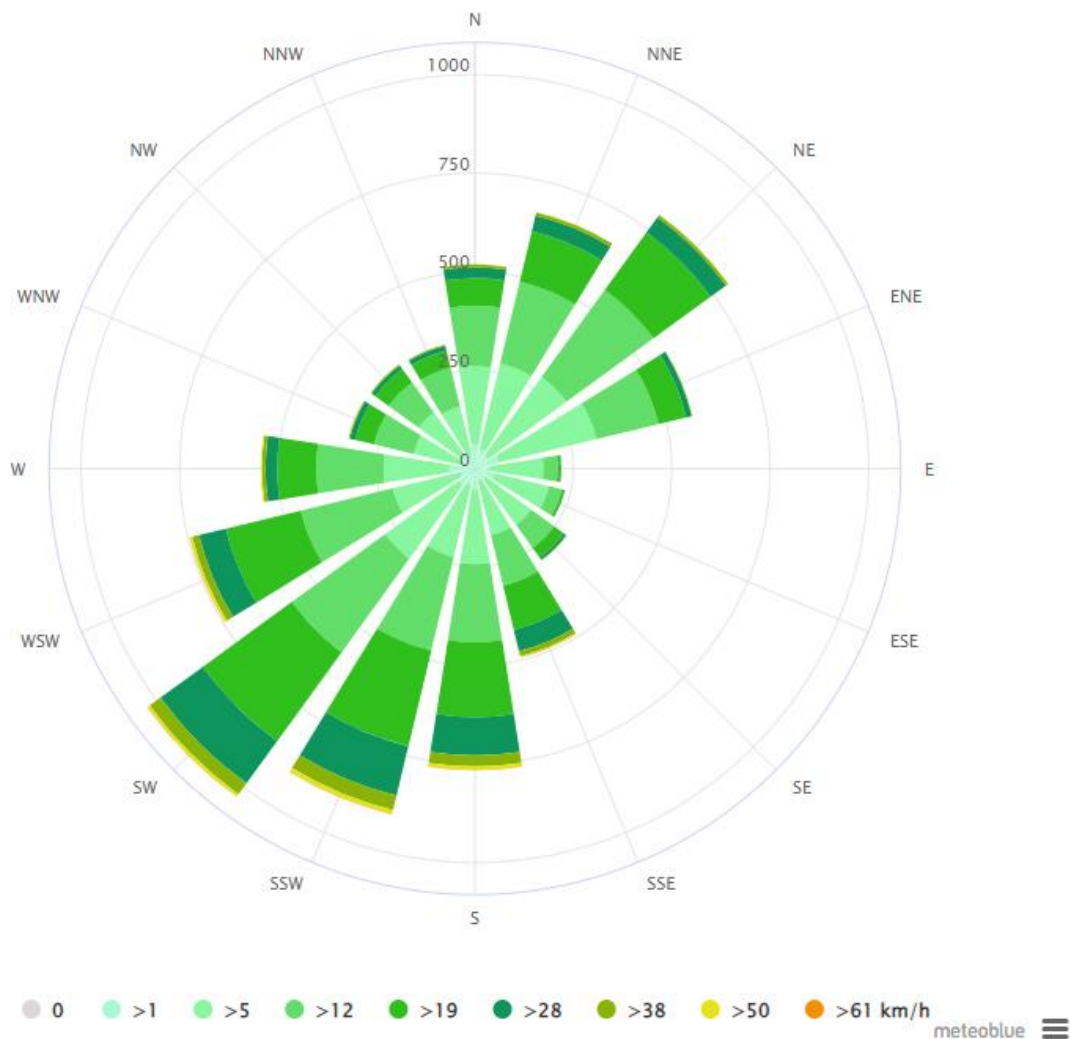


Figure 7 : Rose de vent des 30 dernières années à Verrières (86). (Source : Meteoblue)

Les vents dominants proviennent principalement du sud-ouest et du nord-est. Les vents les plus fréquents ont de vitesses moyennes, comprises entre 12 et 28 km/h.

Étude de vent sur site

Afin de caractériser finement le gisement éolien du site, Eolise a installé un mât de mesures de vent de 120 mètres de haut sur site. Cette installation permet de mesurer en continu les différentes caractéristiques du vent en particulier sa vitesse, son orientation et son niveau de turbulence mais également la température



Figure 8 : Mât de mesures anémométriques du projet de Verrières (Crédit photo : EOLISE)

Le mât de mesures de vent a été mis en service le 13 décembre 2023 pour une campagne d'une durée prévisionnelle de 2 ans.

Données sur le long terme

Le potentiel de vent moyen est variable d'une année sur l'autre. Il faut donc utiliser une source de données long terme sur une période assez importante pour être représentative. Celle utilisée correspond aux quinze dernières soit 2005 à 2020. La source des données long terme est une agrégation de données satellites représentatives basées sur la référence ERA5. Les données sont disponibles au pas horaire avec un maillage fin de 3 par 3 km. Cette donnée long terme se situe à proximité directe du mât de mesures de vent.

A partir de données satellites long terme (20 ans), une rose des vents sur site a pu être extraite détaillant la fréquence des vents selon 12 directions et classée par vitesse de vent :

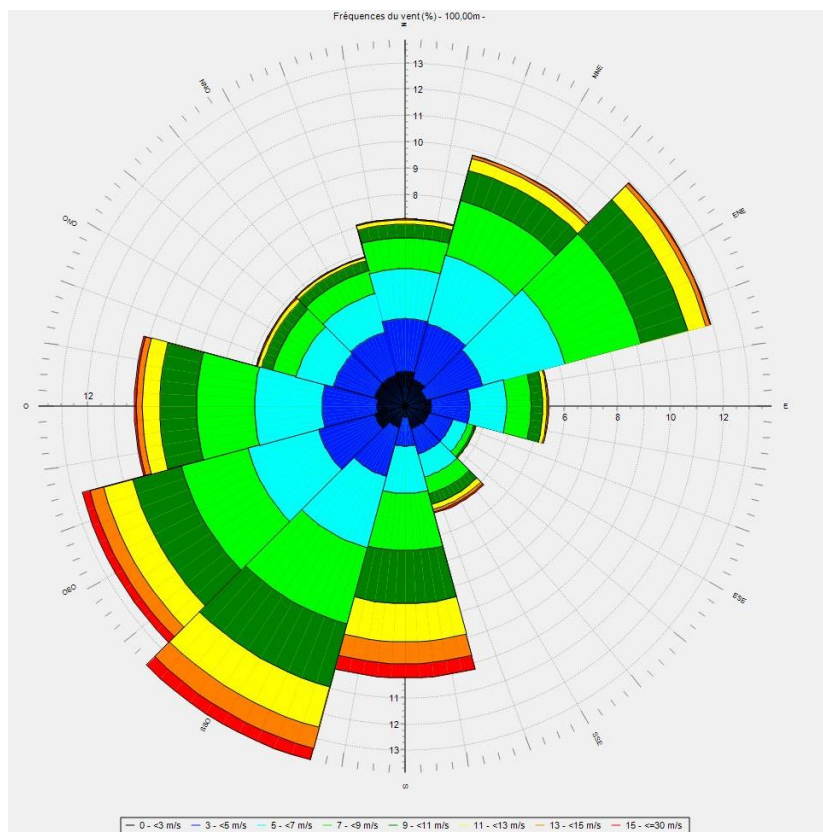


Figure 9 : Rose des vents (Source : EOLISE)

Vents violents

Le site internet de l'observatoire français des tornades et des orages violents www.keranaus.org nous apprend que l'aire d'étude ne se situe pas dans un secteur particulièrement sensible aux tornades et des orages violents, leur fréquence y est conforme à la moyenne nationale.

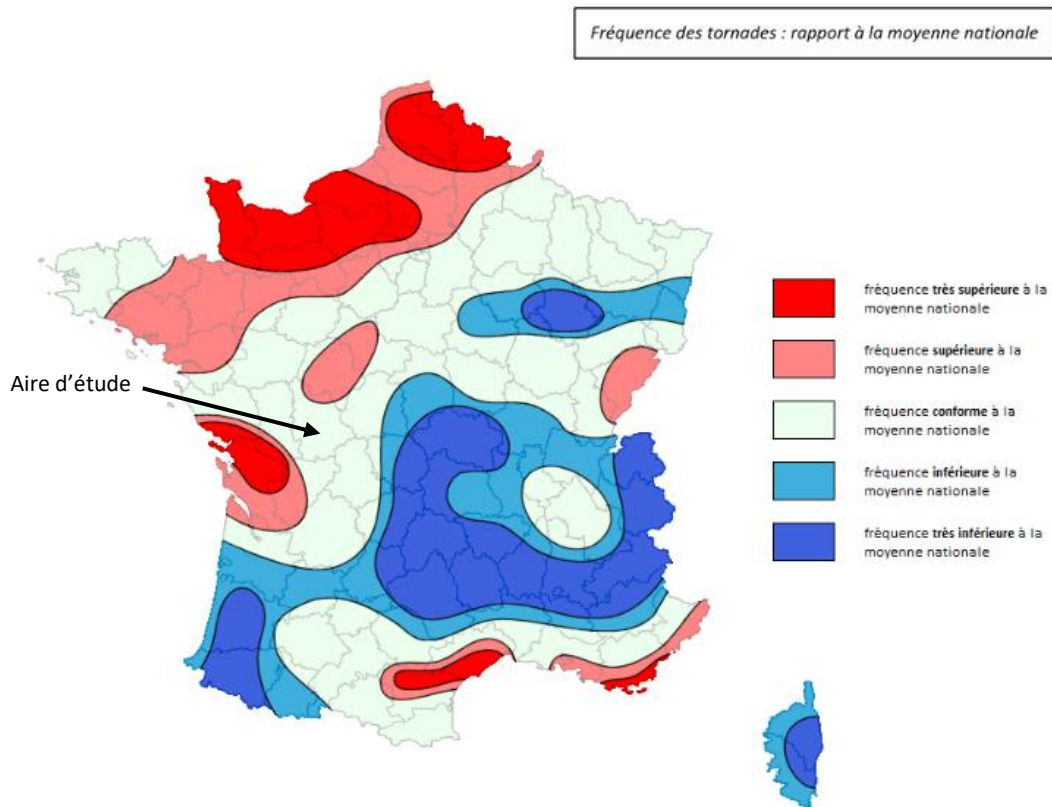


Figure 10 : Zones sensibles aux tornades et aux orages violents (Source : Keraunos)

- Brouillard

Dans la Vienne, le brouillard est relativement fréquent avec une moyenne globale qui s'échelonne entre 50 et 60 jours de brouillard par année.

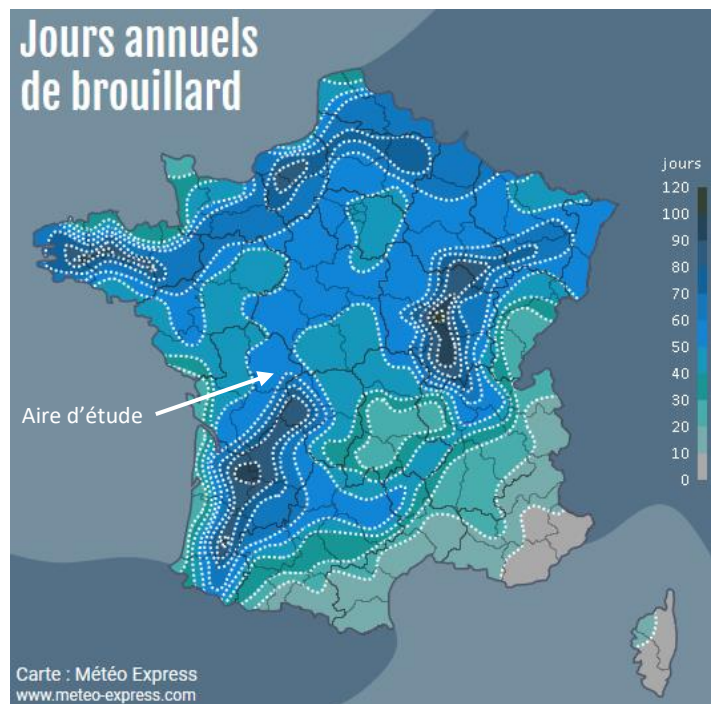


Figure 11 : Jours annuels de brouillard en France

- Neige

Les régions de l'Ouest de la France sont soumises à un climat océanique assez défavorable aux chutes de neige. Ainsi, le nombre de jours de neige par an est inférieur à 15 dans le département de la Vienne.

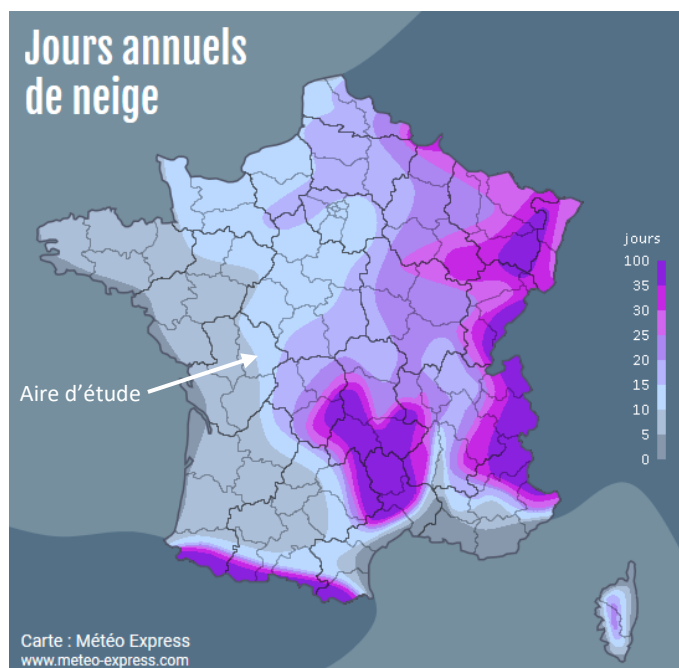


Figure 12 : Jours annuels de neige en France

III.2.2 RISQUES NATURELS

La notion de risque naturel recouvre l'ensemble des menaces que certains phénomènes et aléas naturels font peser sur des populations, des ouvrages et des équipements. Plus ou moins violents, ces événements naturels sont toujours susceptibles d'être dangereux aux plans humain, économique ou environnemental.

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.

Tableau 15 : Risques naturels sur les communes de l'aire d'étude

Communes	Inondation	Séisme	Feu de forêt	Mouvement de terrain	Radon
Verrières	X	Zone 2 (faible)	X	X	X
Saint-Laurent-de-Jourdes	X	Zone 2 (faible)	X	X	X
Bouresse	X	Zone 2 (faible)	-	X	X

III.2.2.1 SISMICITE

Un séisme est une fracturation brutale des roches en profondeur créant des failles dans le sol et parfois en surface, et se traduisant par des vibrations du sol transmises aux fondations des bâtiments. Les dégâts observés sont fonction de l'amplitude, de la fréquence et de la durée des vibrations.

Le risque sismique peut se définir comme étant l'association entre l'aléa (probabilité de faire face à un séisme) et la vulnérabilité des enjeux exposés (éléments potentiellement exposés et manière dont ils se comporteraient face au séisme).

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du

Code de l'Environnement modifiés par les décrets n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 et n° 2010-1255 du 22 octobre 2010, ainsi que par l'Arrêté du 22 octobre 2010) :

- une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible) ;
- quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

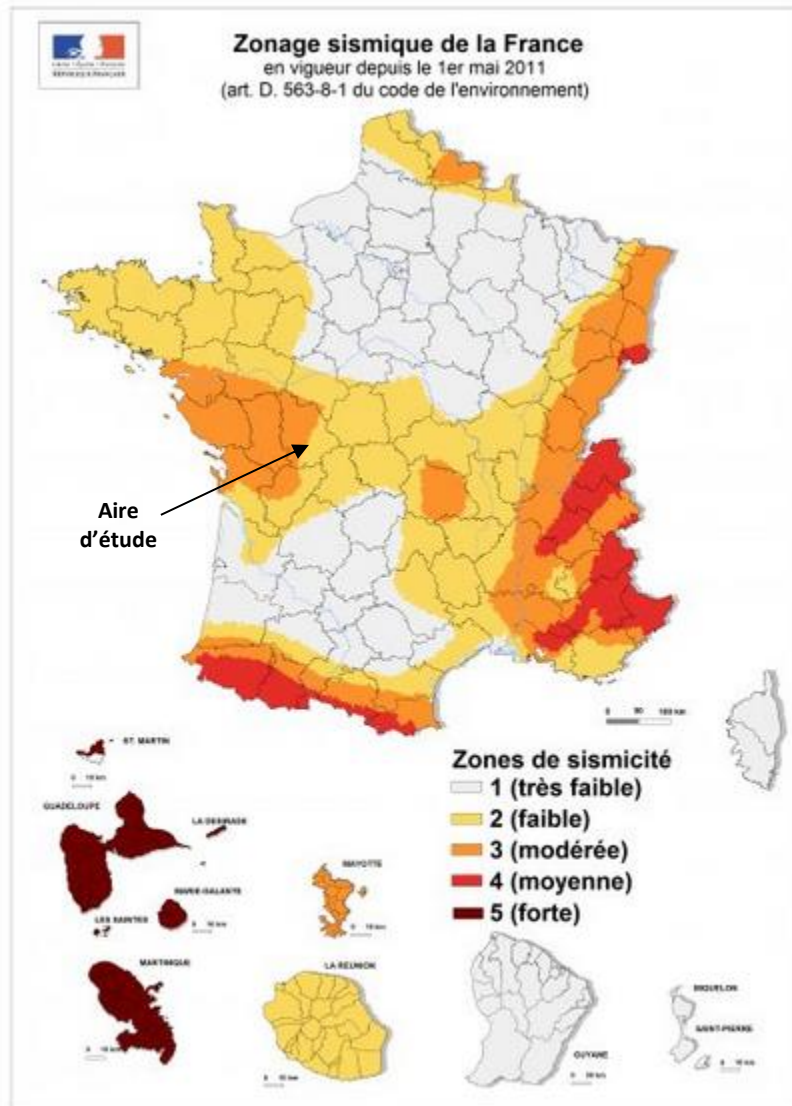


Figure 13 : Zonage sismique de la France et de la zone d'étude

Les communes de l'aire d'étude se situent dans une zone à risque de sismicité faible (niveau 2), d'après le décret n°2010-125 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.

L'aire d'étude se trouve en zone d'aléa faible par rapport au risque sismique.

III.2.2.2 MOUVEMENTS DE TERRAIN

Généralité

Les mouvements de terrain regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. En effet, il est dû à des processus lents de dissolution ou d'érosion favorisés par l'action de l'eau et/ou de l'homme. Il est fonction de la nature et de la disposition des couches géologiques. On retrouve :

- les mouvements lents et continus : les tassements et les affaissements, le retrait gonflement des argiles (les variations de la quantité d'eau dans certains terrains argileux produisent des gonflements (période humide) et des tassements (périodes sèches), les glissements de terrain ;
- les mouvements rapides et discontinus : les effondrements de cavités souterraines, les écroulements et les chutes de blocs, les coulées boueuses et torrentielles, l'érosion littorale.

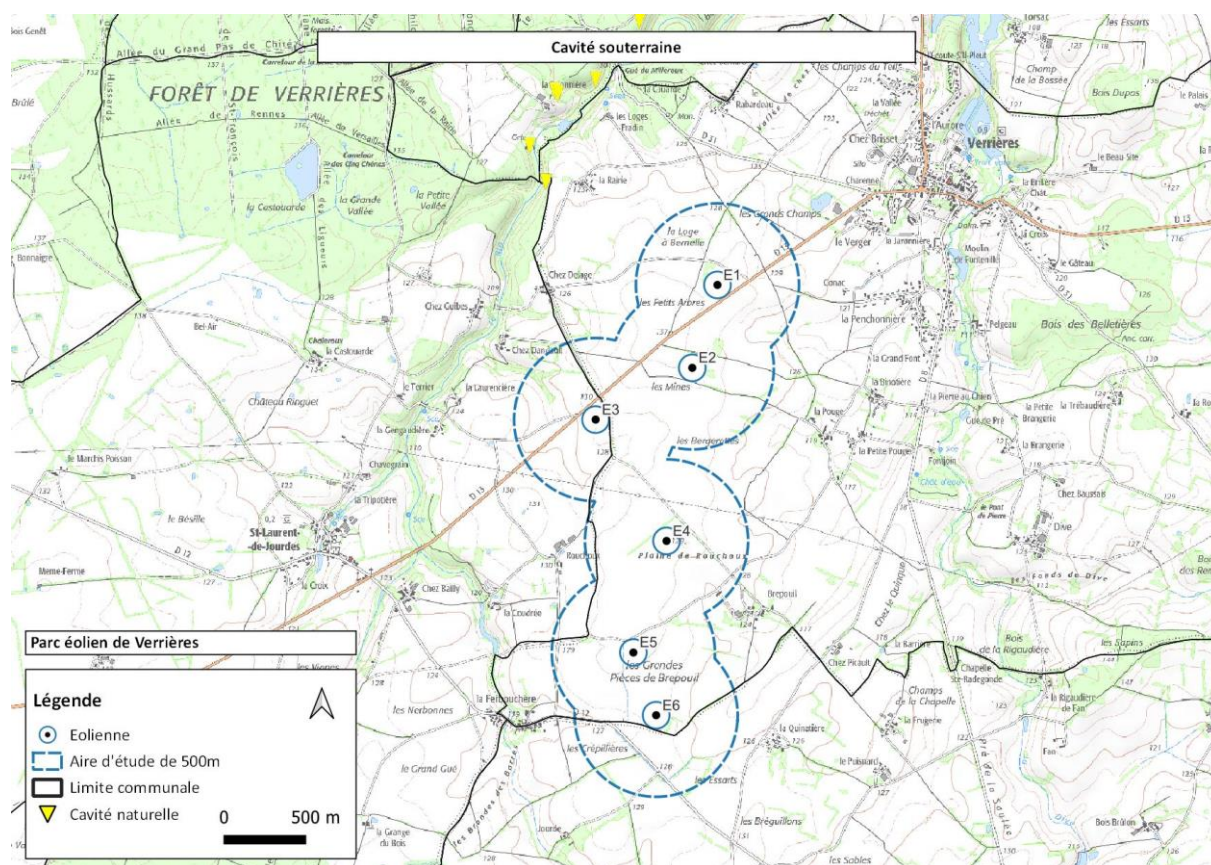
D'après la base de données du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, et de l'Energie (georisques.gouv.fr), les communes de Verrières, Saint-Laurent-de-Jourdes et Bouresse sont soumises au risque de mouvements de terrain (glissement, éboulement, coulée, effondrement ou érosion des berges). Cependant, aucun mouvement de terrain n'y est recensé.

D'après le site georisques.gouv.fr, l'aire d'étude n'est pas soumise au risque de mouvements de terrain.

Cavités souterraines

Le site Géorisques recense, identifie et caractérise au sein d'une base de données les cavités souterraines sur le territoire français depuis 2001. Ces cavités peuvent être d'origine naturelle (érosion, dissolution...) ou anthropique (exploitation de matières premières, ouvrages civils...). Les risques associés à leur présence sont des affaissements de terrain, des effondrements localisés ou généralisés.

Selon la base de données du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, et de l'Energie (georisques.gouv.fr), aucune cavité n'est présente dans l'aire d'étude. Une seule cavité souterraine se trouve dans les communes de l'aire d'étude. Elle est d'origine naturelle et se trouve sur la commune de Saint-Laurent-de-Jourdes (triangle jaune sur la carte ci-dessous).



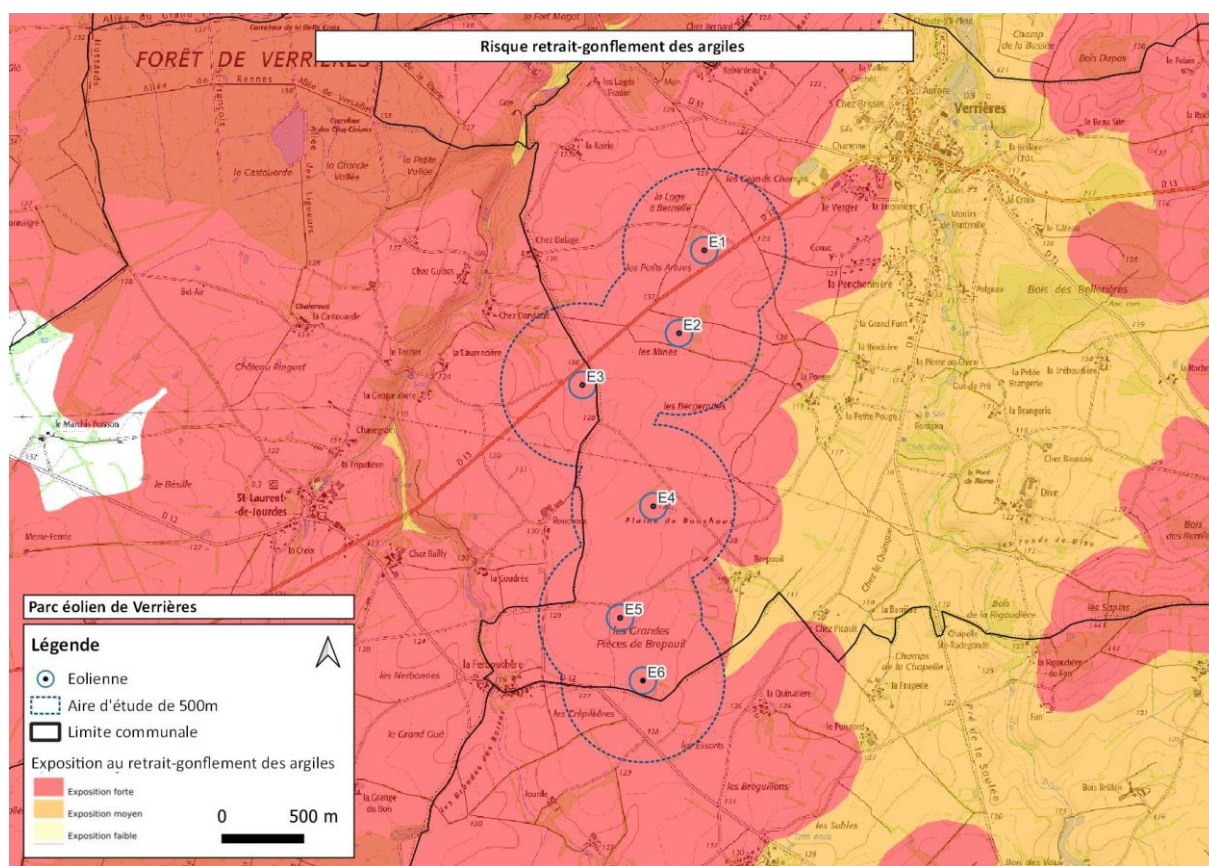
Aucune cavité n'est recensée au sein de l'aire d'étude.

Aléa retrait-gonflement des argiles

Le retrait-gonflement des argiles est un phénomène naturel qui se caractérise par une variation du volume des argiles présentes en surface, notamment en période sèche, en fonction de leur niveau d'humidité.

La base de données du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, et de l'Energie (georisques.gouv.fr), a cartographié le risque de mouvement différentiel de terrain dû aux argiles en recensant la présence d'argiles

gonflantes dans les sols. La consultation de ces cartes (voir ci-dessous) montre que l'aire d'étude présente un risque fort face au retrait-gonflement des argiles.



Le risque de retrait-gonflement des argiles est fort dans l'aire d'étude.

III.2.2.3 Foudre

La foudre est un phénomène électrique de très courte durée, véhiculant des courants de forte intensité, se propageant avec des fronts de montée extrêmement raides entre deux masses nuageuses ou entre une masse nuageuse et le sol. Par ses effets directs et indirects, elle peut être à l'origine d'incendies, d'explosions et de dysfonctionnements sur des équipements électriques.

L'activité orageuse est définie par le niveau kéraunique (Nk), c'est-à-dire le nombre de jours par an où l'on a entendu gronder le tonnerre. Ce niveau kéraunique n'est pas à confondre avec la densité de foudroiement (nombre de coups de foudre au km² par an, noté Ng).

Comme l'indique la carte du risque kéraunique en France ci-après, l'aire d'étude se trouve dans une zone peu soumise au risque foudre, où l'on compte moins de 25 jours d'orage par an.

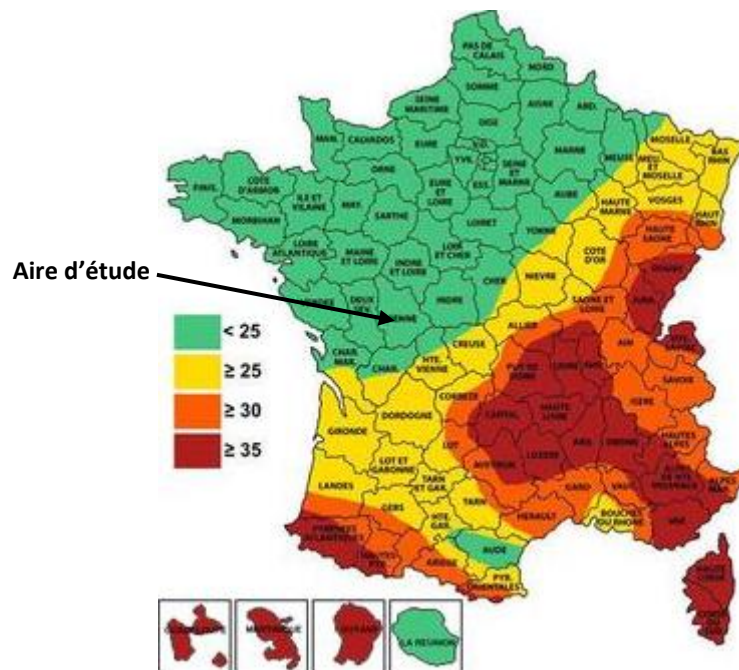


Figure 14 : Niveau kéraunique en France (nombre de jours d'orage par an)

Pour information, la densité de foudroiemnt susvisée, qui définit le nombre d'impact foudre par an et par km² dans une région, est compris entre 1,5 et 2,5 dans le département de la Vienne. Le projet éolien est donc dans une zone moyennement exposée au risque de foudre, comme en témoigne la carte ci-dessous.

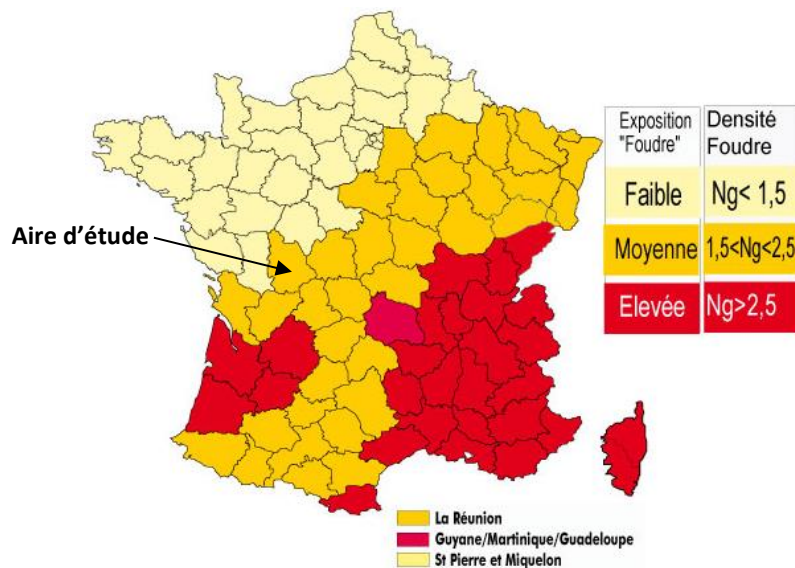


Figure 15 : Carte de la densité de foudroiemnt par région (Source : Citel.fr)

L'aire d'étude est moyennement exposée au risque foudre.

III.2.2.4 TEMPETES

Une tempête correspond à l'évolution d'une perturbation atmosphérique, ou dépression, le long de laquelle s'affrontent deux masses d'air aux caractéristiques distinctes (température, teneur en eau). De cette confrontation naissent notamment des vents pouvant être très violents. On parle de tempête lorsque les vents dépassent 89 km/h. L'essentiel des tempêtes touchant la France se forme sur l'océan Atlantique, au cours des mois d'automne et d'hiver, progressant à une vitesse moyenne de l'ordre de 50 km/h, et pouvant concerner une largeur atteignant 2 000 km.

Les dernières tempêtes majeures qui ont eu lieu dans la Vienne, comme dans de nombreuses parties du territoire français, ont été recensé. Il y a eu la tempête Martin en décembre 1999, la tempête Klaus en janvier 2009, la tempête Xynthia en février 2010, la tempête Zeus en mars 2017 et enfin la tempête Amélie en novembre 2019.

L'aire d'étude est concernée par le risque de tempête.

III.2.2.5 INCENDIES DE FORETS ET DE CULTURES

Un feu de forêt est défini comme un sinistre qui se déclare et se propage sur une surface d'au moins un hectare de forêt. Les principales causes de départ en feu sont : la foudre, la malveillance, les travaux en forêt, les travaux agricoles ou encore l'imprudence.

Le Dossier Départemental des Risques Majeurs de la Vienne aborde le risque feux de forêt, car plusieurs massifs forestiers du département sont classés à risque feu de forêt, comme la forêt de Verrières. Les DICRIM des communes de Verrières et de Saint-Laurent-de-Jourdes abordent ce risque. Toutefois, l'aire d'étude de 500m autour des éoliennes n'est pas concernée par ce risque.

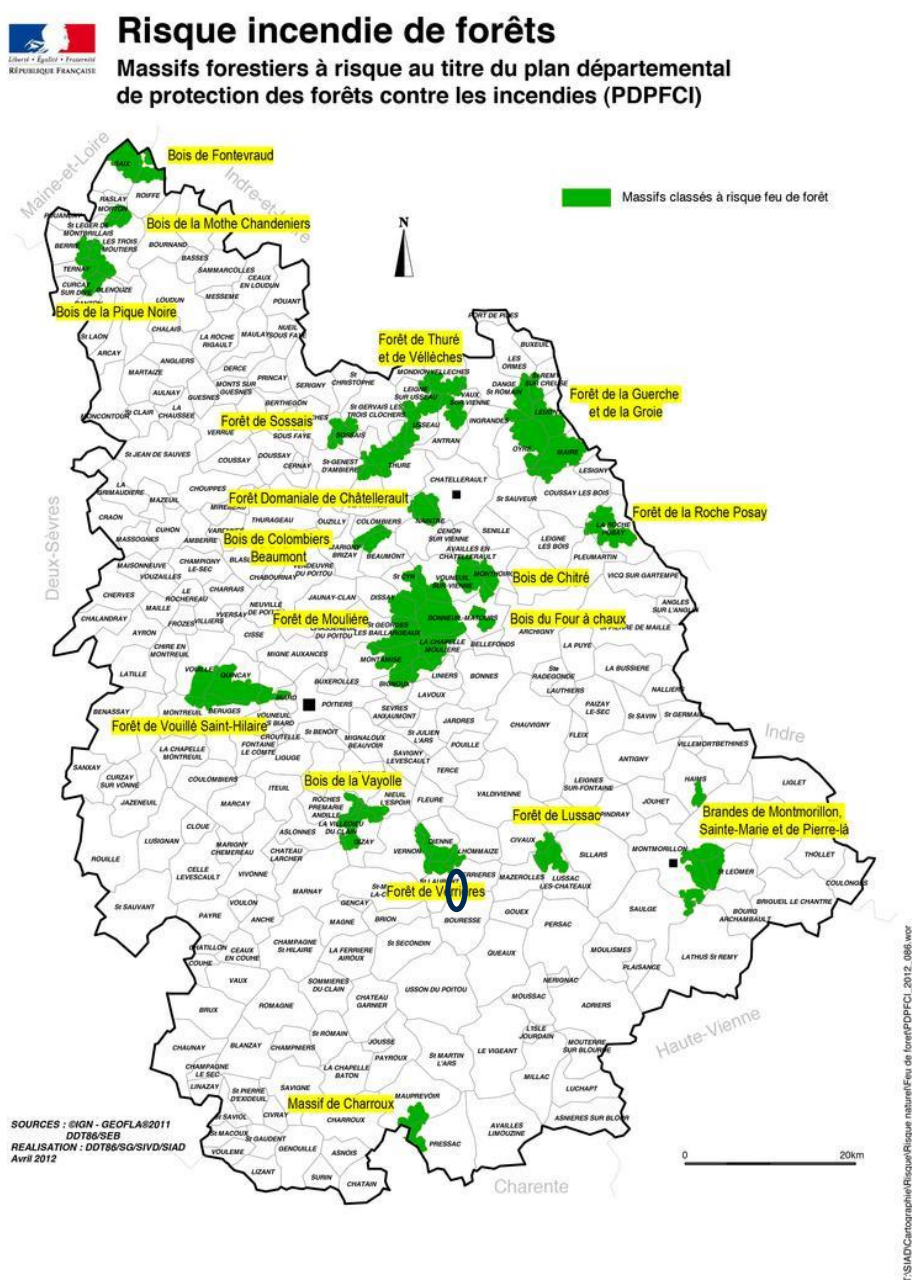


Figure 16 : Risque d'incendie de forêt en Vienne (Source : DDRM de la Vienne)

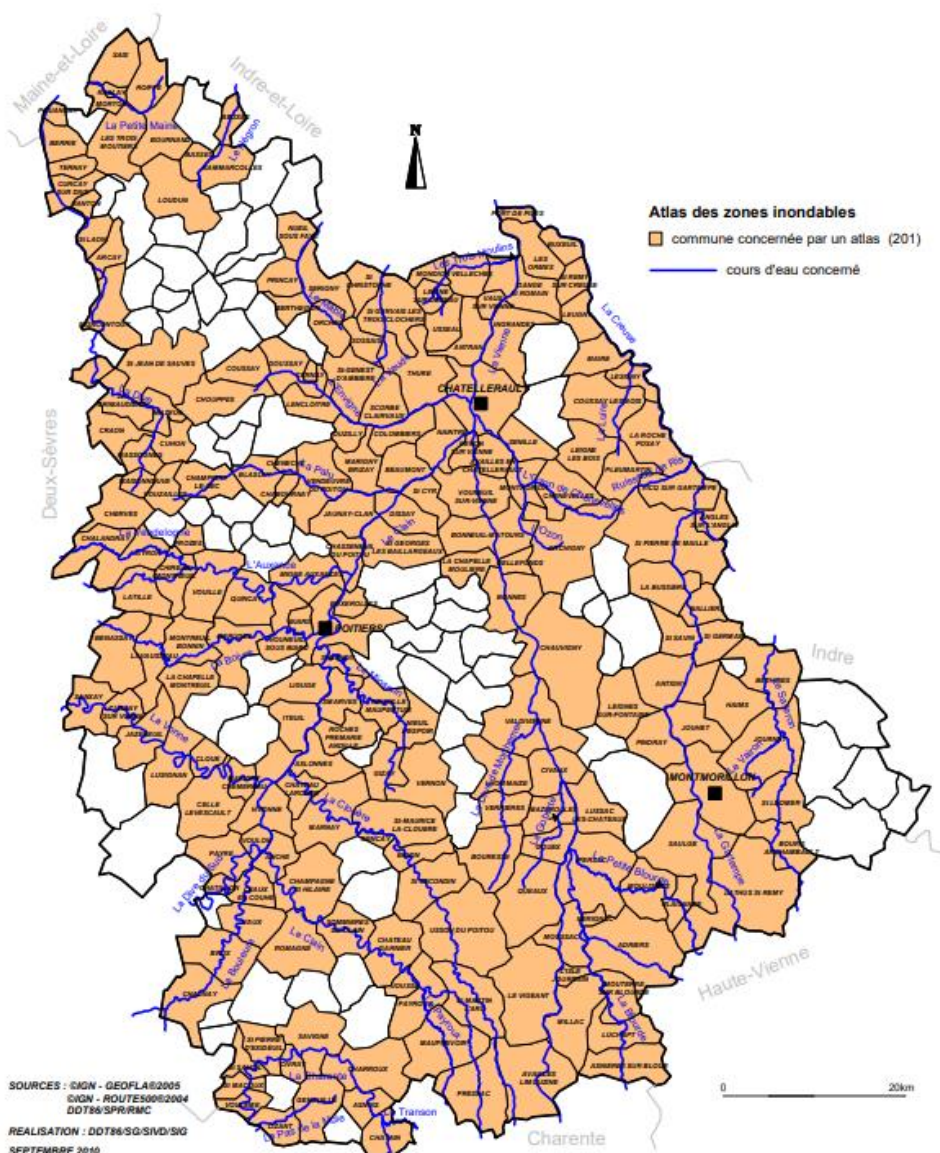
III.2.2.6 INONDATIONS

Une inondation est une submersion plus ou moins rapide d'une zone, avec des hauteurs d'eau variables. Elle peut se traduire par un débordement du cours d'eau, une remontée de la nappe phréatique, ou une stagnation des eaux pluviales.

Inondation par submersion / débordement

Une crue est la résultante de plusieurs composantes concernant à la fois les eaux de surface et les eaux souterraines : ruissellement des versants, apport de l'amont par la rivière, écoulement des nappes voisines de versants et des plateaux voisins, saturation de la nappe alluviale, porosité et états de surface des sols au moment des pluies, capacité relative de la rivière à évacuer cette eau.

Sur les communes de l'aire d'étude, les communes de Verrières et de Bouresse sont concernées par le risque d'inondation, elles sont recensées dans l'Atlas des zones inondables de la Vienne. Elles sont soumises au risque de débordement de la Dive mais ne font pas l'objet d'un Plan de Prévention des Risques inondation (PPRI) ni situées dans un Territoire à Risque Important d'inondation (TRI).



L'atlas des zones inondables vise à donner une information sur les phénomènes historiques et sur les aléas liés aux inondations, à l'échelle de la vallée, sous forme de textes et de cartes. Il concourt ainsi à sensibiliser les élus, décideurs, responsables socio-économiques sur l'étendue et l'importance des inondations et à les responsabiliser quant au rôle qu'ils peuvent ou doivent jouer dans la prévention à l'égard des populations exposées.

Inondation par remontée de nappes

On appelle zone « sensible aux remontées de nappes » un secteur dont les caractéristiques d'épaisseur de la Zone Non Saturée, et de l'amplitude du battement de la nappe superficielle, sont telles qu'elles peuvent déterminer une émergence de la nappe au niveau du sol, ou une inondation des sous-sols à quelques mètres sous la surface du sol.

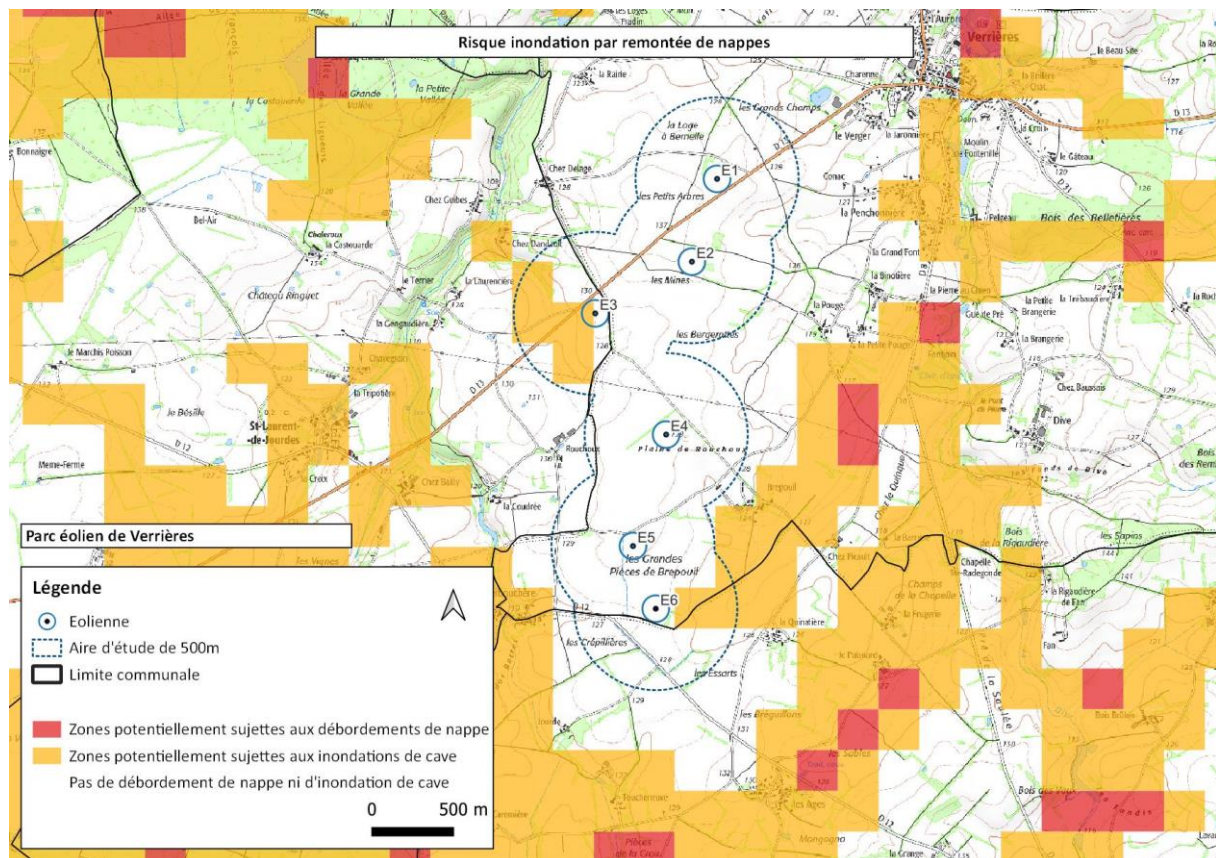
D'après la base de données du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, et de l'Energie (georisques.gouv.fr), la sensibilité aux inondations par remontée de nappe est de « très faible » à « moyenne ».

Le site Géorisques présente des cartes départementales de sensibilité au phénomène de remontées de nappes. La cartographie au niveau de l'aire d'étude, voir ci-dessous, indique qu'il n'existe aucun risque d'inondation (ni débordement de nappe (en rouge), concernant les éoliennes. Le risque d'inondation par inondation de cave existe seulement pour la partie Ouest de l'aire d'étude de E1 et pour la partie Est de l'aire d'étude de E6. Les autres éoliennes ne sont pas concernées par le risque d'inondation de cave.

Les appareillages électriques d'un parc éolien sont confinés dans des locaux parfaitement hermétiques (mât de l'éolienne, poste de livraison). Les câbles électriques enterrés sont entourés de protections résistantes à l'eau. Les fondations prendront en compte les sous pressions hydrauliques existantes si l'étude géotechnique révèle un niveau d'eau subaffleurant.

Par conséquent, on retiendra qu'il existe un risque d'inondation de cave qui sera pris en compte lors de l'étude géotechnique qui sera réalisée préalablement à la phase travaux de construction du parc.

L'aléa inondation ne sera pas retenu dans la suite de l'étude car les agressions externes liées à des inondations ou à des incendies de forêt ou de cultures ne sont pas considérées dans les agressions externes liées aux phénomènes naturels dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même (*Source : guide technique Etude des Dangers INERIS*).



III.3 ENVIRONNEMENT MATERIEL

L'analyse des activités environnantes aux alentours du projet doit faire apparaître les sources d'agression potentielles pouvant impacter le site.

III.3.1 VOIES DE COMMUNICATION

III.3.1.1 TRANSPORT ROUTIER

Les principales voies routières sont généralement répertoriées en distinguant 3 catégories principales :

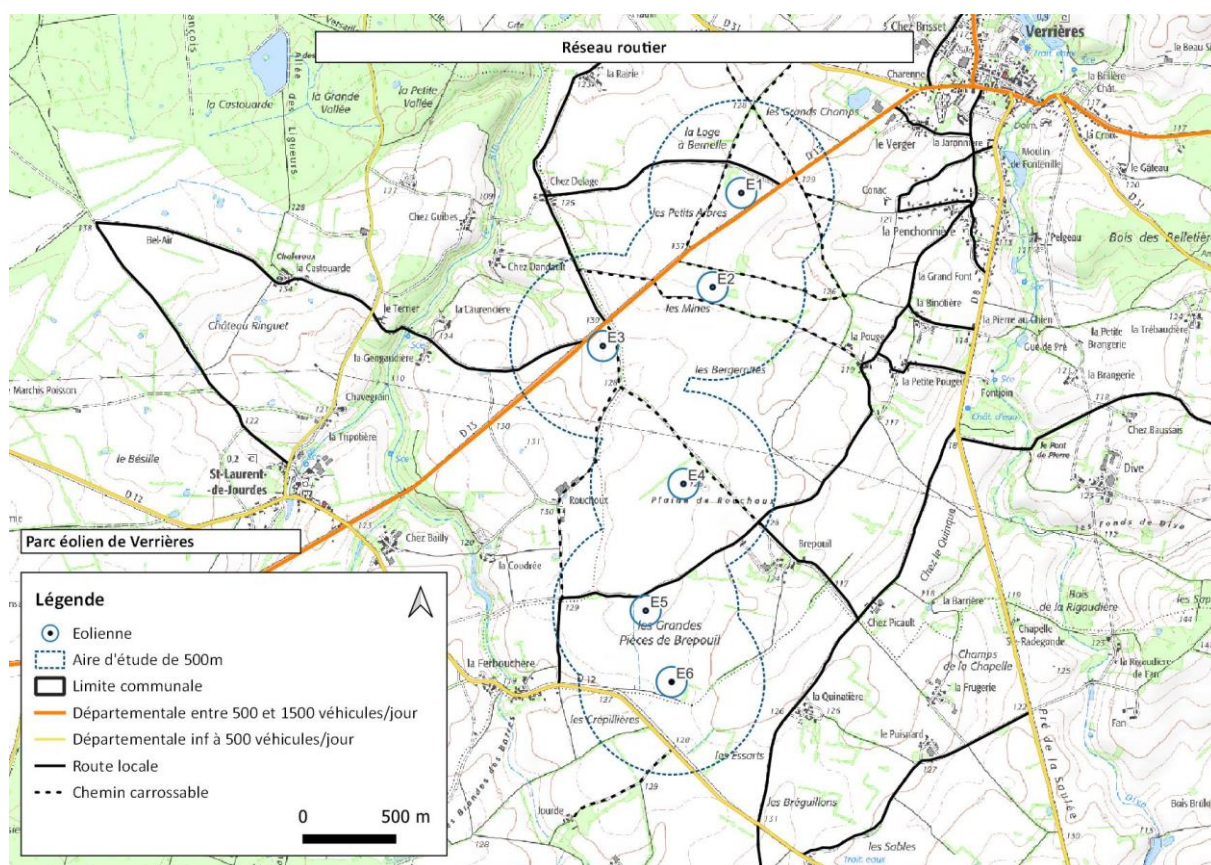
- les grandes voies structurantes
- les voies mixtes, qui assurent à la fois le transit à l'intérieur du tissu urbain et la desserte des quartiers
- les voies de desserte.

Le passage de véhicules à proximité du futur parc éolien peut être la source des potentiels de dangers suivants :

- collision de véhicules entre eux avec projection de débris et incendie/explosion de ces mêmes véhicules
- sortie de route et collision contre un équipement du site situé en bordure de route

- déversement ou fuite de produit transporté par un camion-citerne.

Comme le montre la figure ci-après, l'aire d'étude n'est traversée par aucune autoroute, ni par aucune route départementale.



Le tableau ci-après indique les distances entre les départementales et l'éolienne la plus proche, ainsi que le trafic moyen journalier annuel (TMJA) lorsqu'il est connu. Les données proviennent du site internet de la Vienne (2022).

Tableau 16 : Distance entre les routes à proximité de l'aire d'étude et des éoliennes

Route	Eolienne concernée	Distance	TMJA	Concernée par l'aire d'étude
D13	E1	85 m	1270	Oui
Chemin	E2	82m	Non structurant	Oui
D13	E3	82 m	1270	Oui
Chemin	E4	152m	Non structurant	Oui
Route	E5	83 m	Non structurant	Oui
D12	E6	239 m	405	Oui

L'aire d'étude n'intègre, dans son périmètre de 500 m, aucune route structurante (TMJA > 2 000).

III.3.1.2 TRANSPORT FERROVIAIRE

Il n'existe aucune voie ferrée au niveau des communes de Verrières, Saint-Laurent-de-Jourdes et Bouresse.

Aucune voie ferrée ne se trouve dans le périmètre de 500m autour des éoliennes.

III.3.1.3 TRANSPORT FLUVIAL

Il n'existe aucun cours d'eau navigable, aucun canal et aucune écluse dans l'aire d'étude.

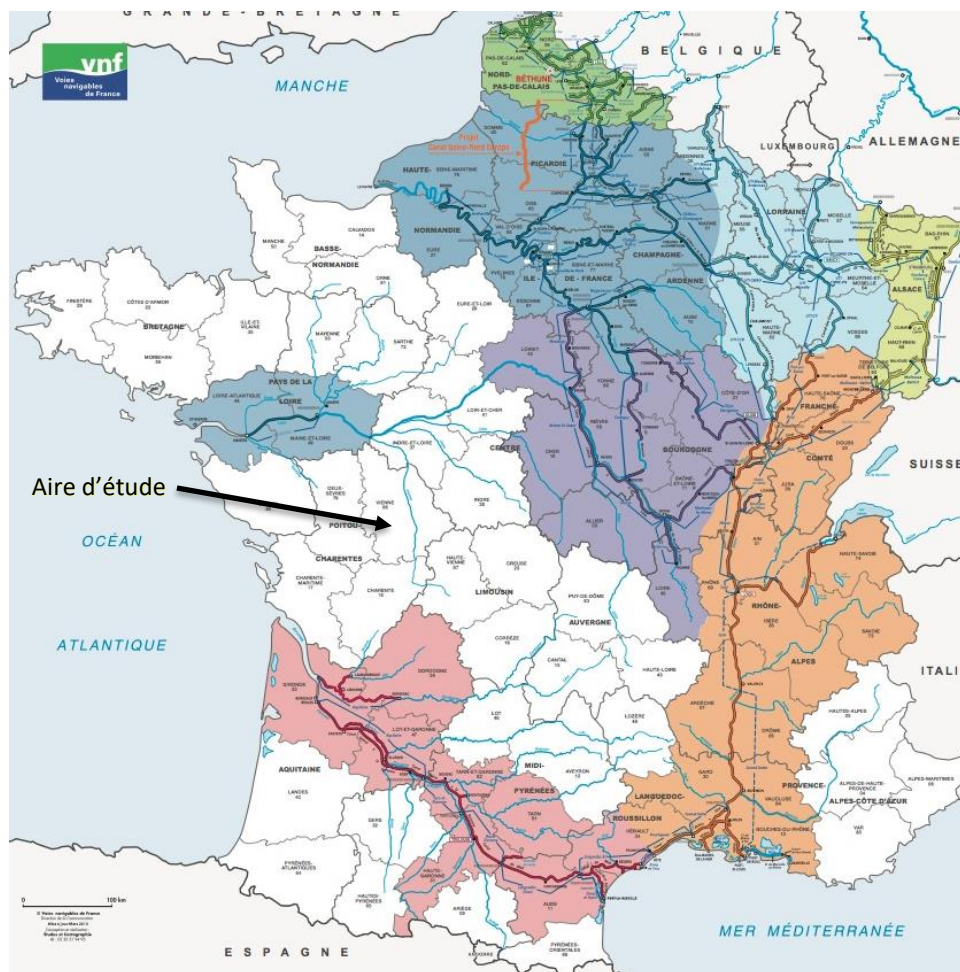
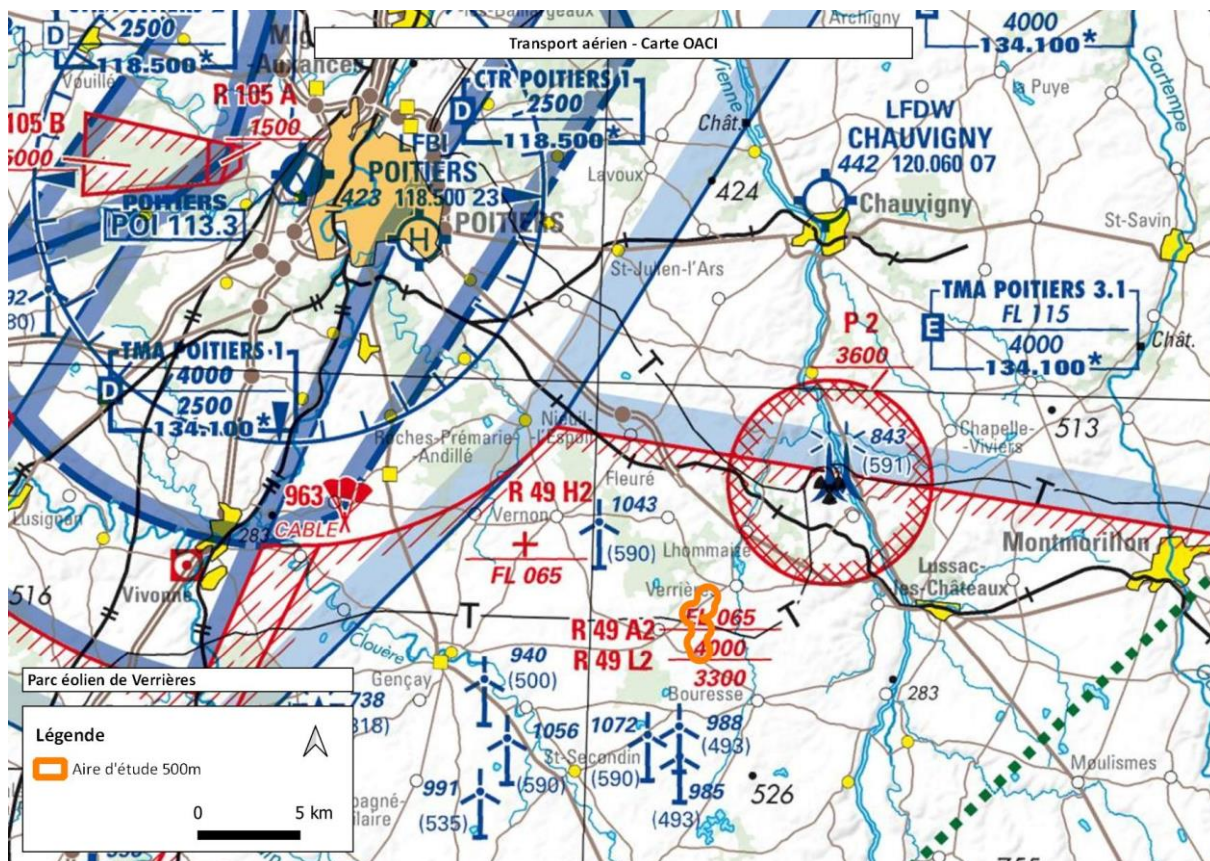


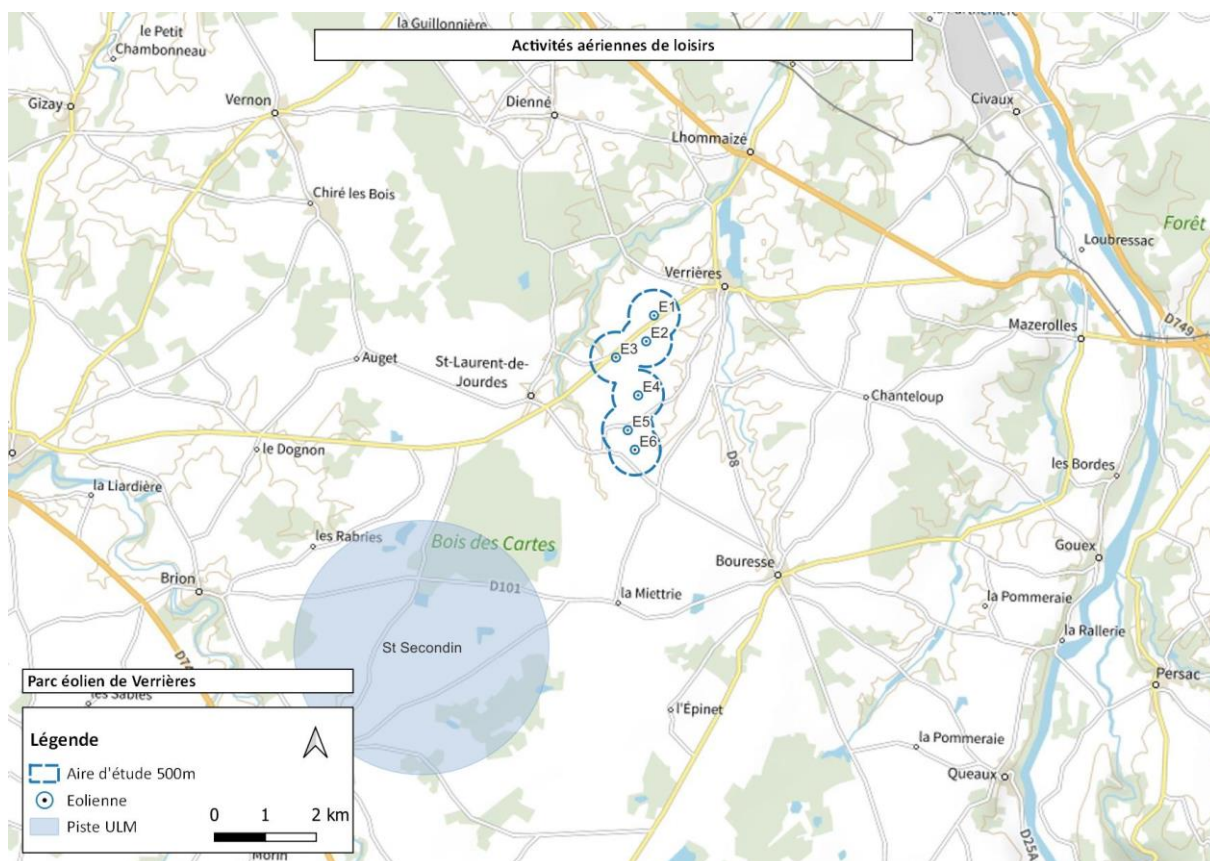
Figure 17 : Voies navigables de France (Source : Fluvialnet)

III.3.1.4 TRANSPORT AERIEN

L'aéroport le plus proche de l'aire d'étude est celui de Poitiers-Biard qui se situe à 28 km. Il y a aussi deux aérodromes dans les alentours, celui de Chauvigny et de Couhé qui se trouvent respectivement à environ 20 km et 30 km. Aucune servitude aéronautique ne passe dans l'aire d'étude.



De plus, aucune activité aérienne de loisirs n'est recensée dans l'aire d'étude. En effet, la plus proche est une piste ULM sur la commune de Saint-Secondin et se trouve à plus de 5 km de l'éolienne E6.



Par courrier en date du 15 novembre 2019, la DGAC (Direction Générale de l'Aviation Civile) a informé le maître d'ouvrage que le projet n'est affecté d'aucune servitude d'utilité publique relevant de la réglementation aéronautique civile.

Selon la DSAE (Direction de la Sécurité Aéronautique d'État), dans un courrier du 28 août 2023, le projet éolien de Verrières se situe dans un secteur défini autour de la LF-P02 de Civaux et peut faire l'objet d'une convention d'arrêt dans le cas d'un renforcement de la posture permanente de sûreté. La gêne du projet sera toutefois acceptable.

Conformément à l'article 5 de l'arrêté du 22 juin 2020, les éoliennes du projet de parc éolien de Verrières sont situées en dehors des zones de protection et de coordination des radars et systèmes d'aide à la navigation de l'aviation civile et de l'armée de l'Air. Comme l'exige l'article R.181-32 du Code de l'environnement, ces services seront saisis par le Préfet pour avis conforme lors de l'instruction du DDAE.

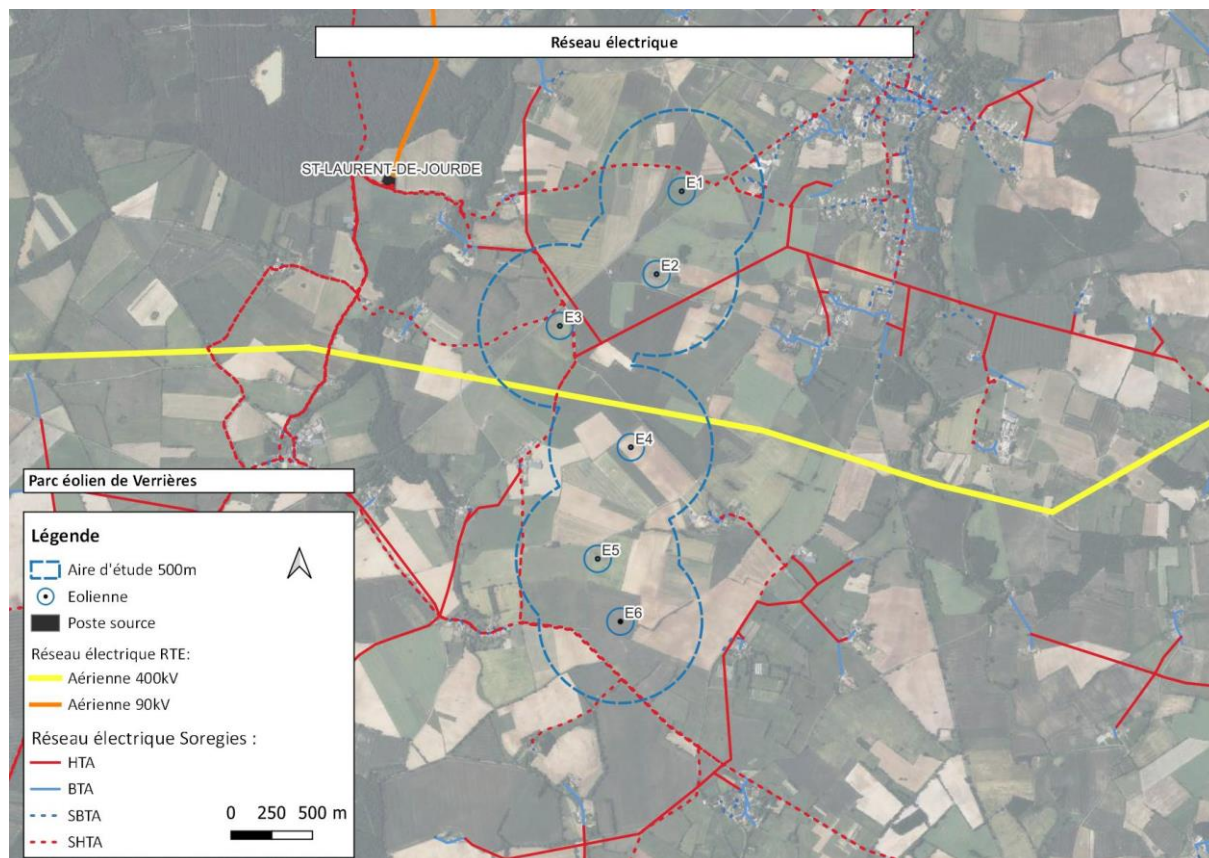
L'aire d'étude n'est pas concernée par une servitude aéronautique et n'intègre aucune infrastructure aéronautique.

III.3.2 RESEAUX PUBLICS ET PRIVES

- **Transport d'électricité**

D'après les données RTE (Réseau de transport d'électricité), qui est le gestionnaire de réseau de transport français responsable du réseau public de transport d'électricité haute tension en France métropolitaine, une ligne électrique de 400 KV traverse la zone d'étude, l'éolienne la plus proche E4 se trouve 230m. RTE préconise une distance minimale d'éloignement équivalente à la hauteur totale des installations. Les préconisations sont respectées.

D'après le site de Soregies, qui est le gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité de la Vienne, l'aire d'étude est traversée par 2 lignes électriques aériennes haute tension (HAT) ainsi que de plusieurs lignes souterraines haute tension (SHTA). Aucune servitude n'est associée à ces lignes électriques.



- **Canalisations de transport**

La base de données du gestionnaire du réseau de transport de gaz naturel haute pression, GRTgaz, sur www.grtgaz.com, confirme qu'il n'y a aucune canalisation de transport de gaz naturel haute pression qui ne traverse les communes de l'aire d'étude.

Les canalisations les plus proches sont celles situées une dizaine de kilomètre à l'ouest de la zone de projet. Il s'agit d'une canalisation de gaz. Elles ne présentent aucun risque pour le projet.

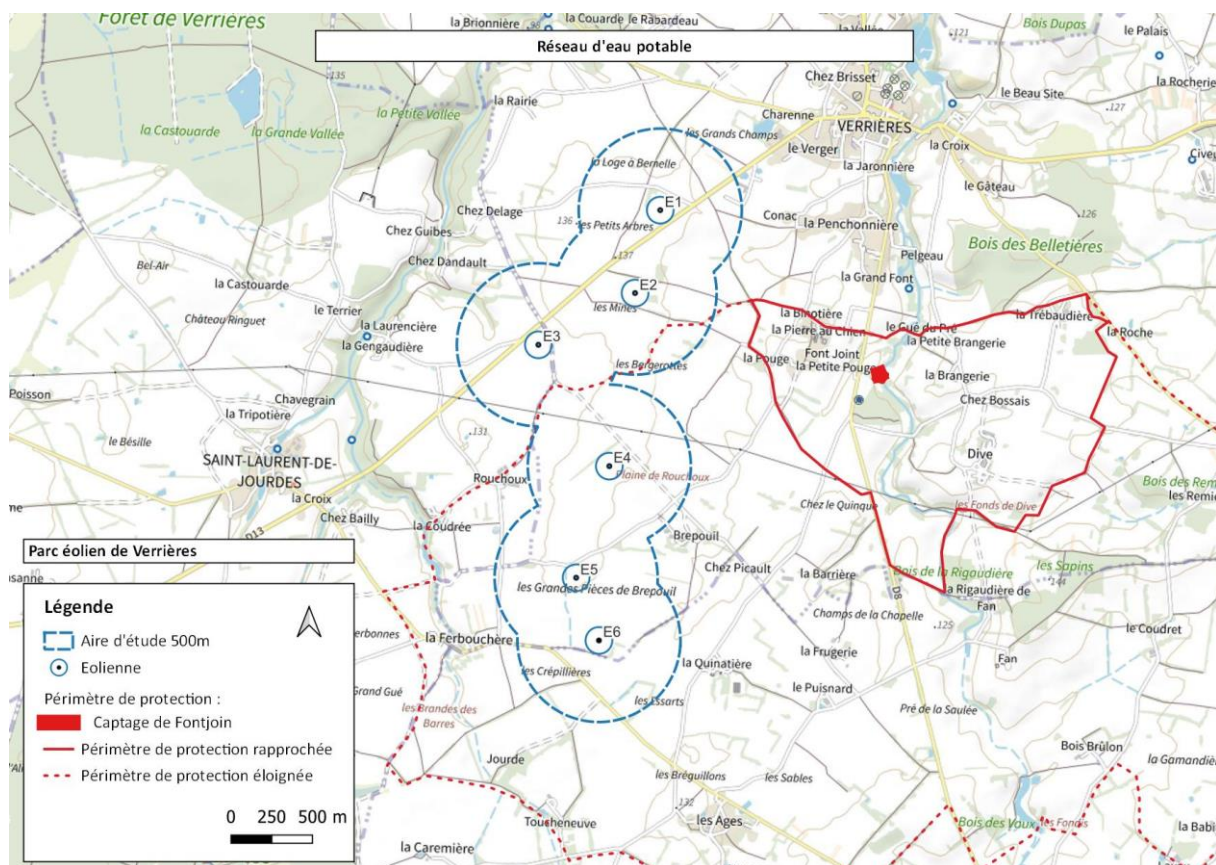
- Réseaux d'assainissement

Aucune installation de réseaux d'assainissement (station d'épuration) n'a été recensée dans l'aire d'étude d'après le site du Ministère de le Transition écologique et Solidaire (www.assainissement.developpement-durable.gouv.fr)

- Réseaux d'alimentation en eau potable

Selon le site de la Vienne, il y a un captage d'eau sur la commune de Verrières à environ 1,5km de l'éolienne E2. Le Captage de Fontjoin bénéficie de 3 périmètres de protection par l'arrêté préfectorale du 28 décembre 2000.

3 éoliennes du projet, E4, E5 et E6 se trouve dans le périmètre de protection éloignée ainsi qu'une partie des aires d'études des éoliennes E2 et E3. Ce périmètre n'est pas contraignant pour l'installation des éoliennes mais conformément à l'arrêté préfectorale, une étude hydrogéologique pourra éventuellement être prescrite par l'administration et des dispositions pourront en découler.



- Radars météorologiques

Conformément à l'article 5 de l'arrêté du 22 juin 2020, les éoliennes du projet de parc éolien de Verrières sont situées en dehors des zones de protection et de coordination des radars météorologiques, comme l'exige l'article R.181-32 du Code de l'environnement.

Le certificat radéol est consultable dans la partie 5 du dossier qui regroupe les différentes réponses aux consultations.

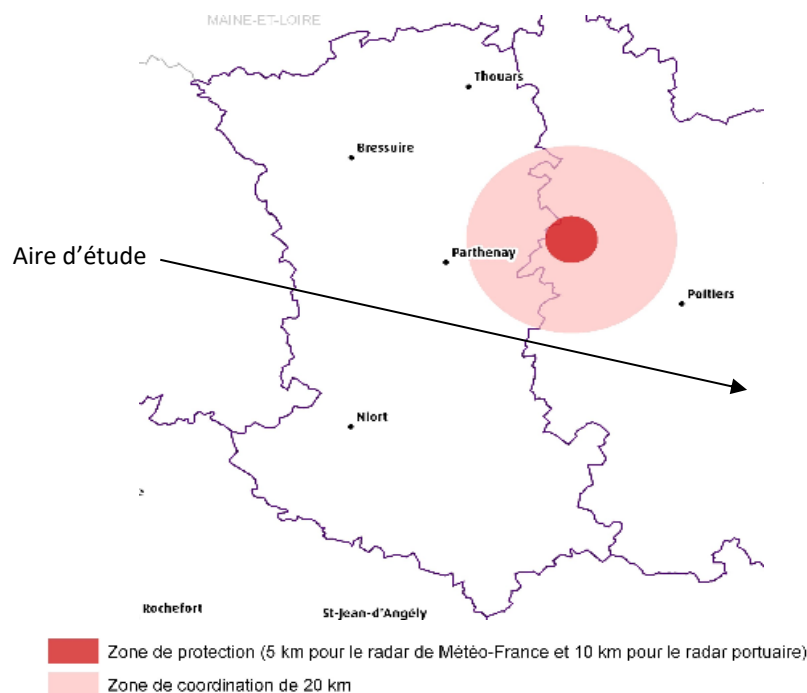


Figure 18 : Radars fixes météorologique et portuaire

- **Liaisons ou faisceaux hertziens protégés par des servitudes réglementaires**

Le Secrétariat Général pour l'Administration de Ministère de l'Intérieur du Sud-Ouest dans son courrier du 21 décembre 2020 déclare qu'aucune servitude radio-électriques ne se trouve dans le périmètre d'étude du projet.

III.3.3 AUTRES OUVRAGES PUBLICS

Aucun ouvrage public n'est recensé dans l'aire d'étude (barrage, digue, château d'eau, etc.).

III.4 CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) permet d'identifier les enjeux à protéger dans une aire d'étude.

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur 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 propose une méthodologie pour compter, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés. Elle est présentée en Annexe 1.

Le nombre de personnes et les surfaces (ou longueurs) associées à chaque secteur sont repris dans le tableau suivant pour chacune des éoliennes et son périmètre de 500 m.

Tableau 17 : Nombre de personnes exposées pour chaque éolienne

Eolienne	Terrain non aménagé et très peu fréquenté		Terrains aménagés mais peu fréquentés		Zone d'activité	Chemins de randonnées		Total
	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Nombre de salarié exposées	Longueur (km)	Nombre de personnes exposées	
E1	78,54	0,79	1,87	0,19	19	1,02	2,04	22,01
E2	78,54	0,79	1,26	0,13	-	1,05	2,09	3,00
E3	78,54	0,79	1,72	0,17	-	0,67	1,34	2,30
E4	78,54	0,79	1,15	0,12	-	-	-	0,90
E5	78,54	0,79	1,52	0,15	-	-	-	0,94
E6	78,54	0,79	1,3	0,13	-	-	-	0,92

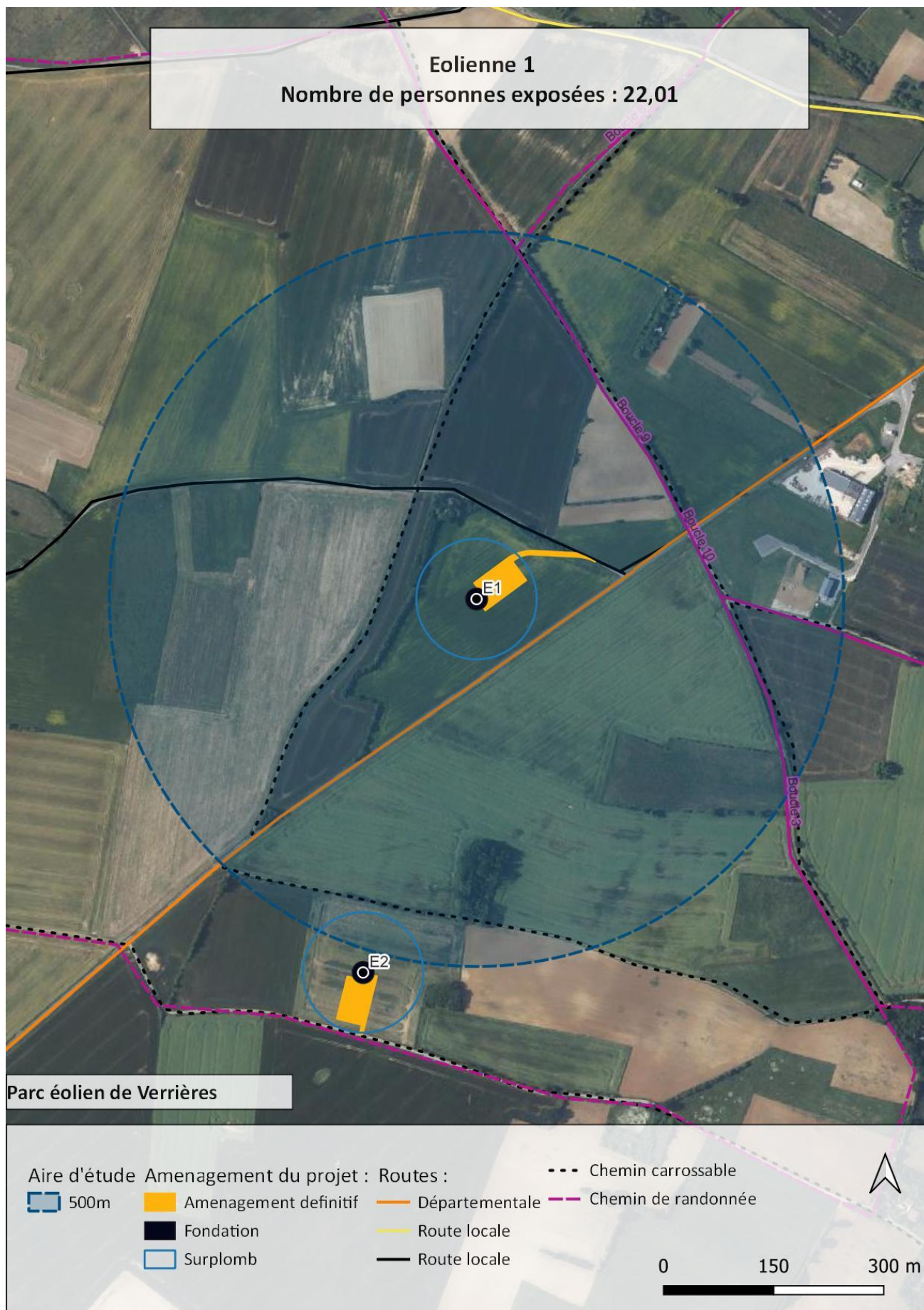
Le détail du nombre de personnes exposées est fourni ci-après :

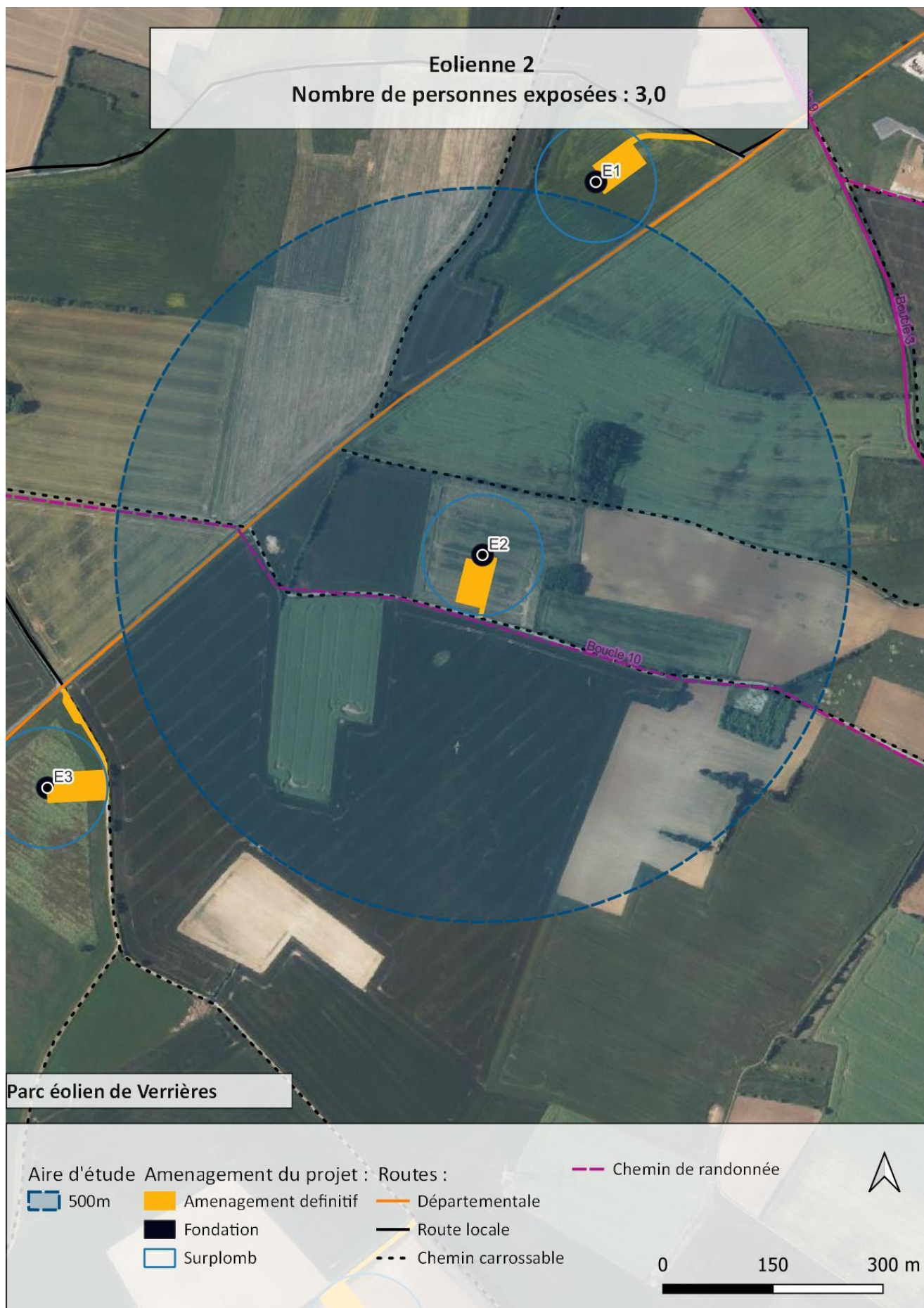
- Les champs et parcelles agricoles ont été considérés comme des terrains non aménagés et très peu fréquentés : 1 personne par tranche de 100 hectares
- Les routes non structurantes, les chemins agricoles et les aménagements permanents (plateformes, fondations et voie d'accès créée) des éoliennes ont été considérés comme des terrains aménagés mais peu fréquentés : 1 personne par tranche de 10 hectares
- Le circuit de randonnée présent a également été considéré en se basant sur une hypothèse de 0,2 personne/1 km par tranche de 10 promeneurs/jour en moyenne ce qui est surestimé par rapport à la très faible fréquentation de ce chemin.
- Zone d'activité : une partie de la zone d'activité du Grand Buisson se trouve dans l'aire d'étude des 500m, nous comptons 19 salariés potentiellement exposés. Ce chiffre est maximisant car seul une partie de l'aire de stockage est concernée.

À noter qu'il n'y a aucun terrain aménagé potentiellement fréquenté ou très fréquenté (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport...), voie navigable, logement, établissement recevant du public dans le secteur de l'aire d'étude.

La cartographie suivante permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans l'aire d'étude, à savoir les enjeux humains (nombre de personnes exposées) et les enjeux matériels.

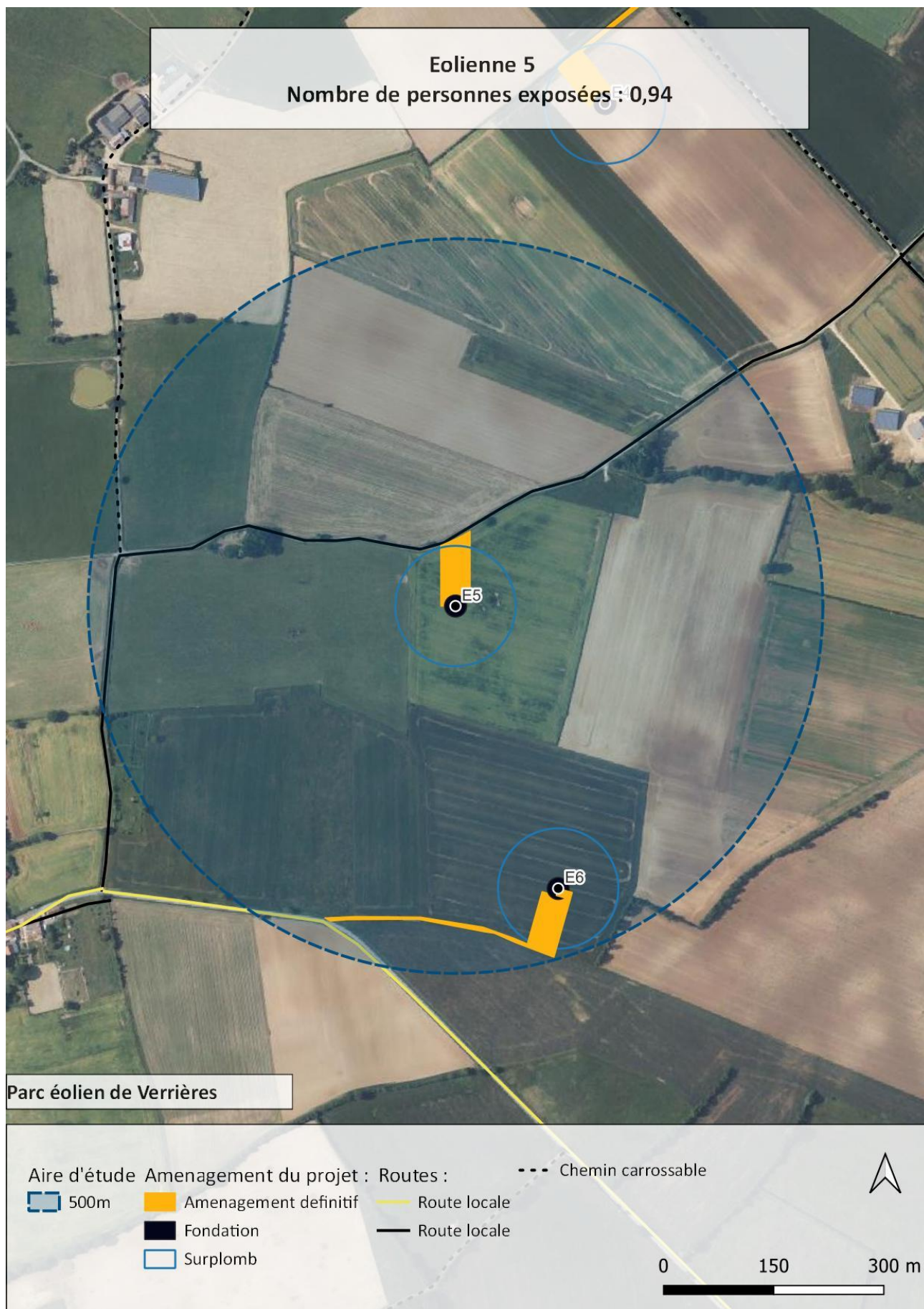
Seuls les réseaux susceptibles d'être empruntés par des personnes sont présentés dans les cartes suivantes.













IV. 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 V), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

IV.1 CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

IV.1.1 CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe IV.3.1) :

- 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 un groupe de 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 au(x) poste(s) 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 type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

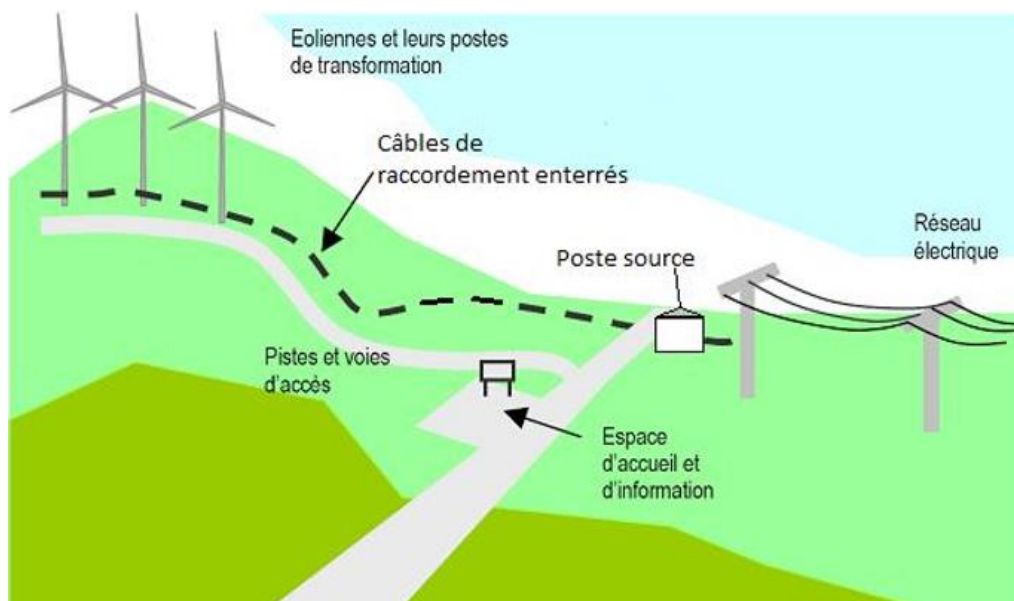


Figure 19 : Schéma descriptif d'un parc éolien

(Source : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens, MEEDDM 2010)

Selon la réglementation, une installation soumise à la rubrique 2980 des Installations Classées correspond à un parc éolien exploité par un seul et même exploitant. Dans un souci de simplification, nous emploierons indifféremment les termes « parc éolien » ou « installation ».

IV.1.1.1 ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN AEROGENERATEUR

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

Toutes les éoliennes qui composent le parc sont de même type, de matériau et couleur sobres. La couleur correspond à une des teintes autorisées par la réglementation en vigueur (par exemple : RAL 7035).

Le projet prévoit des éoliennes dont le gabarit est défini par des dimensions et caractéristiques maximum soit 230mètres de hauteur totale pour un rotor de 164m et une puissance nominale de 6,0MW. Le modèle définitif d'éolienne retenu pourra atteindre ces dimensions maximum ou légèrement plus faible. Ce gabarit est cohérent avec plusieurs modèles existants sur le marché chez les constructeurs principaux actifs en France.

Tableau 18 : Exemples de modèles existants (Source : Eolise)

Constructeur	Modèle	Puissance (en MW)	Diamètre du rotor (en mètres)	Hauteur du mât (en mètres)	Hauteur totale (en mètres)
Vestas	V 162	6,0	162	149	230
Nordex	N 163	5,7	163	148	230
Enercon	E 160 EP5	5,5	160	140	220
General Electric	GE 164	6,0	164	148	230
Gabarit	Maximum	6,0	164	148	230

Dans la suite de l'étude de dangers, les calculs sont donc effectués à partir des dimensions suivantes :

- **La hauteur maximale en bout de pale** est de 230m
- **La hauteur de mât**, au sens de la réglementation est de 148m au maximum
- **Le diamètre de rotor** de 164m
- **La puissance nominale maximale** de 6,0MW

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Un rotor** dimensionné suivant le standard IEC. Il est composé de trois pales, un moyeu et de couronnes d'orientation et d'entraînements pour le calage des pales. Les pales du rotor sont fabriquées en fibres de verre parfois complétées par des fibres de carbone. Chaque système pitch (rotation de pale) est indépendant.
- **Un mât (ou tour tubulaire)** est généralement composé de 4 à 5 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. Il est en acier couvert d'un revêtement époxy (protection anti-corrosion) et de peinture acrylique. Le mât comporte des plates-formes intermédiaires et est équipé d'une échelle, pourvue d'un système antichute (rail), de plateformes de repos et d'un élévateur de personnel.
- **Une nacelle** composée d'un châssis en fonte et d'une coque fabriquée en matière plastique renforcée de fibres de verre, dimensionnés suivant le standard IEC classe S. Elle dispose d'un train d'entraînement, d'une génératrice, d'un système d'orientation, du convertisseur ainsi que du transformateur dans certains cas. Elle abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - Le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique
 - Le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas)
 - Le système de freinage mécanique
 - Le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie
 - Les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette)

- Le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

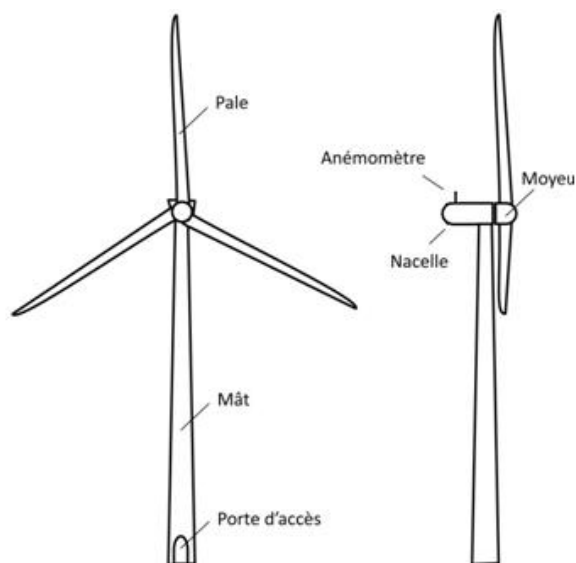


Figure 20 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

• LE ROTOR

Le rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en mouvement de rotation de l'éolienne. Il est composé de trois pales, d'un moyeu de rotor, de trois roulements et de trois entraînements pour l'orientation des pales.

- **Le moyeu** du rotor est une construction en fonte modulaire et rigide. Le roulement d'orientation de pale et la pale sont montés dessus.
- **Les pales** sont constituées de deux moitiés collées ensemble. Le matériau utilisé pour les pales est un composé de fibres de verre parfois complété de fibre de carbone. Le profil aérodynamique des pales résiste bien aux salissures et à la glace, ce qui permet une réduction des pertes de puissance. Chaque pale est pourvue d'une pointe en aluminium qui dévie le courant de foudre par un câble en acier vers le moyeu du rotor. Les pales sont fixées au roulement d'orientation du système Pitch.
- **Système à pas variable** : chaque pale est commandée et entraînée séparément par un entraînement électromagnétique avec moteur triphasé, un engrenage planétaire, et une unité de commande avec convertisseur de fréquence et alimentation électrique de secours. Le système à pas variable est le frein principal de l'éolienne. Les pales se tournent ainsi de 90° pour le freinage, ce qui interrompt la portance et crée une grande résistance de l'air provoquant ainsi le freinage du rotor (frein aérodynamique).

• LA NACELLE

Une vue d'ensemble de la nacelle est présentée sur la figure suivante :

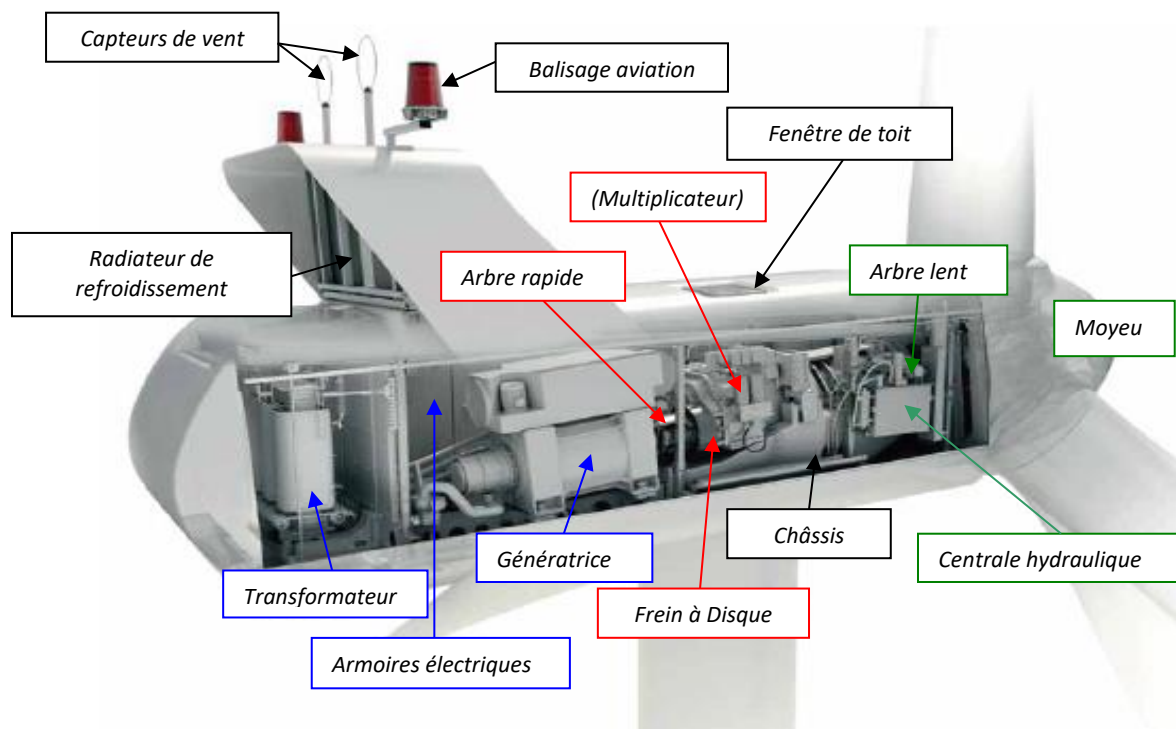


Figure 21 : Composants d'une nacelle (Source : Vestas)

- **La couronne d'orientation** : La direction du vent est mesurée de manière continue à hauteur de moyeu par deux appareils indépendants. L'un d'entre eux est un appareil ultrasonique. Tous les anémomètres sont chauffés. Si la direction du vent relevée diffère du positionnement de la nacelle d'une valeur supérieure à la valeur limite, la nacelle est réorientée via quatre entraînements constitués d'un moteur électrique, d'un engrenage planétaire à plusieurs niveaux et de pignons d'entraînement. Les freins d'orientation sont activés.
- **Le train d'entraînement** transmet le mouvement de rotation du rotor à la génératrice. Il est constitué des composants principaux suivants :
 - L'arbre du rotor : il transmet les forces radiales et axiales du rotor au châssis machine. Le roulement du rotor contient un dispositif de verrouillage mécanique du rotor
 - Un multiplicateur (présence ou non selon la technologie utilisée) : il augmente la vitesse de rotation au niveau nécessaire pour la génératrice. L'huile du multiplicateur assure non seulement la lubrification mais aussi le refroidissement du multiplicateur. La température des roulements du multiplicateur et de l'huile est surveillée en permanence
 - Une frette de serrage : elle relie l'arbre de rotor et le multiplicateur
 - Un coupleur : il compense les décalages entre multiplicateur et génératrice. Une protection contre les surcharges (limitation prédéfinie de couple) est montée sur l'arbre de la génératrice. Elle empêche la transmission de pics de couple qui peuvent avoir lieu dans la génératrice en cas de panne de réseau. Le coupleur est isolé électriquement.
- **La génératrice** : la transformation de l'énergie éolienne en énergie électrique s'effectue grâce à une génératrice de 50 Hz. Elle est maintenue à une température de fonctionnement optimale grâce au circuit de refroidissement. Son stator est directement relié au réseau du parc éolien, son rotor l'est via un convertisseur de fréquence à commande spéciale.
- **Le transformateur électrique** : installé dans la nacelle ou au pied du mât, il permet d'élever la tension de 690 Volts à 20 000 ou 30 000 Volts en sortie de la génératrice dans le réseau inter-éolien. Il remplit les conditions de classe de protection incendie F1.
- **Convertisseur de fréquence** : il est situé à l'arrière de la nacelle. Grâce à un système générateur-convertisseur à régime variable, les pics de charge et pointes de surtension sont limités.

- **Circuit de refroidissement :** (multiplicateur), génératrice et convertisseur sont refroidis via un échangeur air/eau parfois couplé avec un échangeur eau/huile. Tous les systèmes sont conçus de manière à garantir des températures de fonctionnement optimales même en cas de températures extérieures élevées. La température de chaque roulement, de l'huile, des bobinages et des roulements de la génératrice ainsi que du réfrigérant est contrôlée en permanence et en partie de manière redondante par le système contrôle-commande.
- **Les freins :** L'éolienne est équipée d'un frein aérodynamique disposant de deux niveaux de freinage. Ce frein est déclenché par rotation des pales. Il peut être couplé à un deuxième système de freinage mécanique disposant lui aussi de 2 niveaux de freinage.
- **LE PIED DU MÂT**

Le mât est tubulaire cylindrique. L'échelle d'ascension avec son système de protection antichute et les plateformes de repos et de travail à l'intérieur du mât permettent un accès à la nacelle à l'abri de la météo.

Le mât est placé sur une fondation de 25 à 32 m de diamètre. La construction des fondations dépend de la nature du sol du site d'implantation prévu. Pour l'ancrage du mât, une cage est bétonnée dans les fondations. Le mât et la cage d'ancrage sont vissés ensemble.

IV.1.1.2 EMPRISE AU SOL

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

- **La surface de chantier (aire de grutage)** est une zone non revêtue. Elle est destinée au stockage au sol des composants de l'éolienne durant la construction et le démantèlement. Elle est temporaire.
- **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.
- **Les virages (pans coupés)** permettent aux camions de transport des composants des éoliennes de manœuvrer. Il est nécessaire que les virages respectent un certain rayon de courbure, calculé selon le type d'éolienne.

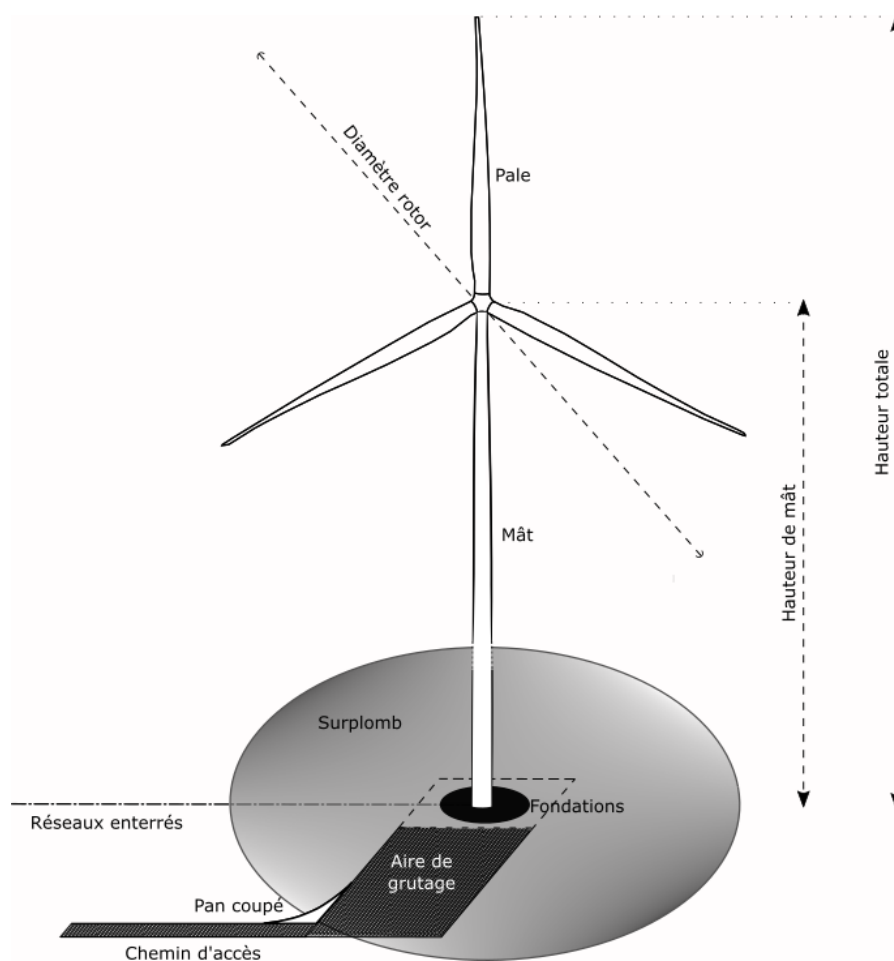


Figure 22 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne (source : Eolise)

Les emprises au sol de chaque éolienne du parc éolien de Verrières sont les suivantes :

- **Plateforme** (aire de grutage) : entre 2 000 et 2 100 m² pour chaque éolienne
- **Fondation** : 25 à 32 m de diamètre
- **Zone de survol** : 164m de diamètre.

IV.1.1.3 CHEMINS D'ACCES

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 constructions 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 agricoles existants ;
- Si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés sur les parcelles agricoles.

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

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

IV.1.1.4 AUTRES INSTALLATIONS

Une aire de stationnement est prévue au niveau des postes de livraison permettant aux visiteurs de se garer pour consulter les panneaux pédagogiques et les coordonnées de l'exploitant du parc éolien. Les aires de grutage seront également utilisées comme aire de stationnement uniquement pour la maintenance du parc éolien car elles ne seront pas accessibles au public.

IV.1.2 ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien de Verrières est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de 148mètres. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

IV.1.3 COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien de Verrières est composé de 6 aérogénérateurs et de 3 postes de livraison.

Le choix précis de la machine retenue se fera sur la base d'un appel d'offre constructeur après obtention des demandes d'autorisations. Ainsi, à ce stade de développement, seul un gabarit de machine a été choisi, possédant une puissance maximale de 6,0MW. La puissance totale du parc éolien sera donc au maximum de 36 MW. La machine sera conforme aux dispositions de la norme NF EN 61400-1.

Les dimensions utilisées dans cette étude sont donc des dimensions « maximisantes », définies à partir de modèles existants, mais qui ne correspondent pas à un modèle précis d'aérogénérateur. Elles permettent d'appréhender de manière maximale les risques potentiels engendrés. Ainsi, les dimensions retenues pour chaque aérogénérateur sont : 146 mètres à une hauteur de moyeu (soit une hauteur de mât de 148mètres au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor de 164mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 230mètres.

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

Tableau 19 : Coordonnées géographiques des installations du parc éolien

Numéro de l'éolienne	Coordonnées Lambert 93		Coordonnées WGS84		Altitude en mètres NGF (m)
	Longitude (X)	Latitude (Y)	Longitude (X)	Latitude (Y)	
E1	513726	6592494	0°34'29.41"E	46°24'23.95"N	132
E2	513571	6591986	0°34'22.91"E	46°24'7.33"N	133
E3	512979	6591669	0°33'55.61"E	46°23'56.46"N	126
E4	513413	6590925	0°34'17.05"E	46°23'32.80"N	132
E5	513210	6590241	0°34'8.50"E	46°23'10.43"N	131
E6	513350	65899857	0°34'15.60"E	46°22'58.12"N	128
PdL 1	513014	6591765	0°33'56.71"E	46°24'0.11"N	128
PdL 2	513005	6591781	0°33'56.93"E	46°23'59.87"N	128
PdL 3	513010	6591773	0°33'57.16"E	46°23'59.62"N	128



IV.2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

IV.2.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

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 (2,8 m/s) et c'est seulement à partir de 12 km/h (3,3 m/s) que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes à entraînement direct sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

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

Pour un aérogénérateur de 4 MW par exemple, la production électrique atteint 4 000 kW 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 ou 30 000 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 de transmission à l'intérieur de la nacelle.

Tableau 20 : Découpage fonctionnel du parc éolien

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser le mât dans le sol	D'environ 3 m d'épaisseur pour un diamètre d'environ 25 à 35 m, elle est composée de béton armé. Elle est constituée soit d'une virole d'ancrage métallique préfabriquée, soit d'une cage d'ancrage, tous deux enchâssés dans un réseau de ferrailage à béton. L'étude géotechnique, réalisée plusieurs mois avant le démarrage des travaux de construction, permettra de dimensionner précisément les fondations pour chaque éolienne. Les dimensions dépendent : du type d'éolienne, de la nature des sols, des conditions météorologiques extrêmes et des conditions de fatigue. Elles sont enterrées sous le niveau du sol naturel, par remblaiement avec une partie des matériaux excavés. Le dimensionnement et la construction des fondations sont soumis au Contrôle Technique Obligatoire.
Mât	Supporter le rotor et la nacelle	Mât en acier ou en béton de plusieurs tronçons, de couleur blanc grisé (RAL 7035 ou similaire). Il est fixé aux tiges d'ancrage disposées dans la fondation. La hauteur maximale du mât (148m), et ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée. L'accès au mât se fait par une porte verrouillable en pied d'éolienne. Il abrite une armoire de contrôle, des armoires de batteries d'accumulateurs, les cellules de protection électriques, et le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle. Il est doté d'un dispositif assurant un éclairage intégral des plates-formes et de la montée
Nacelle	Supporter le rotor et abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	La nacelle, de forme elliptique, est positionnée au sommet du mât. Elle abrite un certain nombre d'équipements fonctionnels : - un générateur : transforme l'énergie mécanique en énergie électrique - un multiplicateur : augmente le nombre de rotation de l'arbre (certaines technologies n'en utilisent pas) - Arbre de rotor : transmet le mouvement de rotation des pales - un système de freinage mécanique - un système d'orientation permettant de positionner le rotor face au vent - des instruments de mesure de vent (anémomètre, girouette) - un balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Le rotor se compose de trois pales, construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. À l'extérieur, les pales du rotor sont protégées des intempéries par un revêtement de surface. Son diamètre maximum est de 164m. Les pales sont de la même couleur que le mât (disposition réglementaire). Les pales de l'éolienne sont conçues pour fonctionner à angle et à vitesse variables. Elles pivotent autour de leur axe longitudinal, afin de s'adapter aux conditions de vent. Le réglage d'angle individuel de chaque pale du rotor est assuré par trois systèmes indépendants et commandés par microprocesseurs. L'angle de chaque pale est surveillé en continu par une mesure d'angle des

		pales, et les trois angles sont synchronisés entre eux. Ce principe permet d'ajuster rapidement et avec précision l'angle des pales aux conditions du vent (ce qui limite la vitesse du rotor et la force engendrée par le vent). La puissance fournie par l'éolienne est ainsi limitée exactement à la puissance nominale, même pour des courtes durées. Elles peuvent également se mettre en position « drapeau » (parallèle à la direction du vent) pour assurer un freinage aérodynamique en cas de vitesses de vent élevées, qui peut être suivi du freinage mécanique (système à l'intérieur de la nacelle).
Transformateur	Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Le transformateur permet l'élévation en tension de l'énergie électrique produite par l'aérogénérateur de 690 à 30 000 V. 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. Il peut être installé soit dans l'éolienne (pied de mât ou nacelle), soit dans un local à proximité.
Postes de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Les éoliennes d'un même champ éolien sont ensuite raccordées au réseau électrique de distribution (Enedis ou régie locale) ou de transport (RTE) via un ou plusieurs postes de livraison. Ces postes font ainsi l'interface entre les installations et le réseau électrique. Chaque poste est équipé d'appareils de comptage d'énergie indiquant l'énergie soutirée au réseau mais également celle injectée. Il comporte aussi la protection générale dont le but est de protéger les éoliennes et le réseau inter-éolien en cas de défaut sur le réseau électrique amont. Les liaisons électriques entre éoliennes et poste(s) de livraison sont assurées par des câbles souterrains.
Câbles souterrains	Permettent d'acheminer l'électricité depuis les éoliennes jusqu'au réseau de distribution via le poste de source	Câbles enterrés entre 80 et 120 cm de profondeur. Présence d'un grillage avertisseur, réseau borné et repéré. Tension des câbles : 20 000 à 30 000 volts.
Plateforme	Permet le positionnement des grues nécessaires au levage et à la maintenance	Empierrement stabilisé d'environ 2 000 m² pour supporter le poids des grues.
Conditions climatiques	Température ambiante de survie	-20 °C à +50 °C
	Puissance nominale	-20 °C à +40 °C
	Arrêt	-20 °C, redémarrage à -18 °C
Période de fonctionnement	1,1 à 3 m/s (4 à 10,8 km/h)	Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent
	Environ 3 m/s (≈ 10,8 km/h)	Le vent est suffisant pour générer de l'électricité. L'éolienne peut être couplée au réseau électrique.
	Supérieur à 3 m/s (> à 10,8 km/h)	La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent

	De 13 à 26 m/s (de 46,8 à 93,6 km/h)	L'éolienne fournit sa puissance nominale, qui est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales. La plage de fonctionnement est dépendante de la puissance nominale de la turbine. Au-delà de 20 m/s (72 km/h), certains modèles produisent légèrement en dessous de la puissance nominale.
Conception technique	Puissance nominale	6MW
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle
	Diamètre du rotor	164m
	Hauteur du moyeu	148m
	Concept de l'installation	Boite de vitesse, vitesse de rotation variable
	Plage de vitesse de rotation du rotor	6,4 à 12,3 tours par min
Système de freinage	Frein principal aérodynamique	Orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours
	Frein auxiliaire mécanique	Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide

IV.2.2 SECURITE DE L'INSTALLATION

La description des différents systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques dans le paragraphe VII. 6 de l'étude de dangers. Seule une présentation des principales dispositions réglementaires en vigueur en matière de sécurité est fournie ci-après.

Le parc éolien de Verrières sera conforme à la réglementation en vigueur concernant les éoliennes terrestres, et notamment aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 relatives à la sécurité.

IV.2.2.1 NORMES GENERALES

L'objectif de ce paragraphe est de montrer que l'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité.

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

Les différents types d'éoliennes font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Aussi, les équipements satisferont à la norme IEC 61 400-22 (avril 2011), relative aux essais de conformité et certification. Cette norme définit les règles et procédures d'un système de certification des éoliennes. 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.

D'autres normes de sécurité sont applicables :

- 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
- 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.
- 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.

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.

IV.2.2.2 CONFORMITE AUX PRESCRIPTIONS DE L'ARRETE MINISTERIEL

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.

• Implantation

L'implantation des aérogénérateurs respecte les prescriptions requises par les articles 3 à 5 de l'arrêté. Les aérogénérateurs sont situés :

- A plus 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 opposable en vigueur au 13 juillet 2010 ;
- A plus de 300 mètres d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 mai 2000 susvisé en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables ;
- 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 ;
- A plus de 250 m de bâtiments à usage de bureaux.

Conformément à l'article 6 de l'arrêté du 26 août 2011, les caractéristiques des machines utilisées pour le projet éolien de Verrières permettront d'éviter que les zones proches ne soient exposées à un champ magnétique, émanant des éoliennes, supérieur à 100 microteslas à 50-60Hz. En outre, l'ensemble du réseau électrique enterré est protégé par des gaines limitant la diffusion des ondes.

Des mesures ont été effectuées par le groupe EMITECH, en 2014, sur un parc éolien afin de déterminer le niveau de champ magnétique basse fréquence. Il s'est avéré qu'à une distance de 500 m d'une éolienne, le champ magnétique mesuré était de 0,003 microteslas. Le niveau maximal qui a été relevé est de 0,093 microteslas, soit 1 075 fois inférieur à la limite « public ». A titre de comparaison, la valeur caractéristique de l'intensité du champ magnétique d'un aspirateur à 3 cm est de l'ordre de 200 à 800 microteslas (*Source : Office fédéral de protection contre les rayonnements, Allemagne*).

• Dispositions constructives

Les chemins d'accès aux aérogénérateurs et plateforme de stockage seront maintenus et entretenus par l'exploitant selon les termes de l'article 7 de l'arrêté du 26 août 2011. Le maître d'Ouvrage s'engage à choisir un modèle d'aérogénérateur qui respectera les articles 8 à 11 de l'arrêté du 26 août 2011 :

- Conformément à l'article 8 de l'arrêté du 26 août 2011, le type d'éolienne implanté pour le projet éolien de Verrières sera conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union

européenne. Cette norme 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.

Par ailleurs, l'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée. En outre l'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation.

- L'installation sera mise à la terre. Les aérogénérateurs respecteront les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.
- Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respecteront les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur seront conformes aux normes IEC 61 400-24 (version de juin 2010), NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13200 (version de 2009).
- Le balisage lumineux du parc éolien nécessaire à la sécurité pour la navigation aérienne sera conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 23 avril 2018 (abrogeant l'arrêté du 13 novembre 2009) qui indique que l'ensemble du parc éolien doit être balisé. Le balisage de l'installation sera donc conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile.



Figure 23: Système de balisage lumineux (Source : ECOTERA)

• Exploitation

Après la mise en service, l'exploitant prendra soin de respecter les articles 13 et 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatifs à la sécurité pendant la phase d'exploitation.

- Les personnes étrangères à l'installation n'auront pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs. Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison seront maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.
- Les prescriptions à observer par les tiers seront affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :
 - les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale
 - l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur
 - la mise en garde face aux risques d'électrocution
 - la mise en garde face au risque de chute de glace.

• Limitation des risques

Afin d'appréhender au mieux les risques et de limiter leurs effets au maximum, l'exploitant respectera les articles 22 à 25 de l'arrêté du 26 août 2011.

- Des consignes de sécurité seront établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiqueront :
 - les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation
 - les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt
 - les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles
 - les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours.

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

- Chaque aérogénérateur sera doté d'un système de détection qui permettra d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur. Ces systèmes de détection fixés dans la partie supérieure des armoires électriques et sur le toit de la nacelle se déclenchent lorsqu'un capteur de fumée détecte de la fumée et/ou lorsque le capteur de température détecte un dépassement de seuil de température défini. Ils feront l'objet de vérifications lors des phases de maintenance notamment.

L'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.

L'exploitant dressera la liste de ces détecteurs avec leur fonctionnalité et déterminera les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps.

- Chaque aérogénérateur sera doté de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, notamment :
 - d'un système d'alarme qui pourra être couplé avec le dispositif mentionné précédemment et qui informera l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. Ce dernier sera en mesure de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées ci-dessus dans un délai de soixante minutes
 - d'au moins deux extincteurs situés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils seront positionnés de façon bien visible et facilement accessible. Les agents d'extinction seront appropriés aux risques à combattre. Cette disposition ne s'applique pas aux aérogénérateurs ne disposant pas d'accès à l'intérieur du mât.
- Chaque aérogénérateur sera équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur afin d'éviter la projection de glace et pour garantir un bon fonctionnement des installations. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur sera mis à l'arrêt dans un délai maximal de soixante minutes. L'exploitant définira une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales. Cette procédure figurera parmi les consignes de sécurité mentionnées précédemment. Cette procédure de redémarrage contiendra une phase préliminaire permettant de garantir que le risque de chute de glace a été éliminé avant la remise en fonctionnement de l'aérogénérateur.

Lorsqu'un référentiel technique permettant de déterminer l'importance de glace formée nécessitant l'arrêt de l'aérogénérateur sera reconnu par l'Inspecteur des Installations Classées, l'exploitant respectera les règles prévues par ce référentiel.

Des panneaux d'informations sur la possibilité de formation de glace seront également implantés sur les chemins d'accès aux machines

IV.2.2.3 ORGANISATION AVEC LES SERVICES DE SECOURS

Le Centre de Secours le plus proche se situe à Lussac-les-Châteaux à 11km des éoliennes, il peut être directement contacté au 05 49 49 18 00.

- **Moyen d'alerte**

En cas d'incident, un système de détection permet d'alerter à tout moment l'opérateur. Ce dernier peut alors transmettre l'information aux services d'urgence compétents les plus proches dans un délai inférieur à 15 minutes. En effet, l'éolienne est équipée d'un grand nombre de capteurs. Par mesure de sécurité, la totalité de ceux pouvant avoir un impact sur l'intégrité structurelle de la turbine sont redondants. Les capteurs concernés sont par exemple les capteurs de température, de vitesse de vent, de vitesse de rotation...

Ainsi, si l'un d'eux est défaillant, le second prendra le relais et relayera l'information par le biais du système de supervision (SCADA) monitoré 24h sur 24 et 7 jours sur 7. L'exploitation des éoliennes ne fait donc 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 du parc éolien.

L'exploitation des éoliennes s'effectue grâce à un Automate Programmable Industriel (API) qui analyse en permanence les données en provenance des différents capteurs de l'installation et de l'environnement (conditions météorologiques, vitesse de rotation des pales, production électrique, niveau de pression du réseau hydraulique, etc.) et qui contrôle les commandes en fonction des paramètres. Sur un moniteur de contrôle placé au niveau du poste électrique, 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.

Les installations sont équipées d'un système de surveillance à distance, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. L'entreprise chargée de la maintenance a la tâche de surveiller le SCADA 24 h/24 et de déclencher les interventions nécessaires. 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.

Le réseau SCADA permet le contrôle à distance du fonctionnement des éoliennes. Ainsi, chaque éolienne dispose de son propre SCADA relié lui-même à un SCADA central qui a pour objectif principal :

- De regrouper et permettre la visualisation du parc éolien dans sa globalité
- De permettre l'envoi de commande au parc éolien. L'automate SCADA se chargera de relayer la commande aux éoliennes concernées

Ainsi en cas de dysfonctionnement (survitesse, échauffement) ou d'incident (incendie), l'exploitant est immédiatement informé et peut réagir.

Dans le cas d'un dysfonctionnement du système de SCADA central, le contrôle de commande des éoliennes à distance est maintenu puisque ces machines disposent d'un SCADA qui leur est propre. Le seul inconvénient est qu'il faut donner l'information à chacune des éoliennes du parc. Dans le cas d'un dysfonctionnement du système SCADA propre à une éolienne, ce dernier entraîne l'arrêt immédiat de la machine. Ainsi, en cas de défaillance éventuelle du système SCADA de commande à distance, le parc éolien est maintenu sous contrôle soit via le système SCADA propre à la machine, soit par l'arrêt automatique de la machine.

Par ailleurs, le système de contrôle de commande des éoliennes est relié par fibre optique aux différents capteurs en forme d'anneau. En cas de rupture de la fibre optique entre deux éoliennes, la transmission peut s'effectuer directement dans le sens inverse et permettre ainsi de garantir une communication continue avec les éoliennes.

Les détections d'anomalie et les points d'alerte sont reliés en temps réel via un système d'alarme sur les téléphones portables du personnel d'astreinte (appel téléphonique généré). Celui-ci peut alors faire intervenir les services compétents dans les meilleurs délais.

Au moment de la mise en service du parc éolien, l'exploitant transmettra au SDIS de la Vienne les informations suivantes : plans des installations, coordonnées du personnel d'astreinte, moyens d'accès.

- **Moyens d'intervention sur site**

En cas de sinistre, les pompiers seront prévenus par le personnel du site ou les riverains directement par le 18. 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.

En cas d'incident, un périmètre de sécurité sera délimité dans un rayon de 500 m de l'éolienne. Les voies d'accès au parc et en pied de chaque éolienne seront utilisables par les services d'incendie et de secours, ce qui leur permettra un accès facilité au site du parc éolien, conformément à l'article 7 de l'arrêté du 26 août 2011.

Comme indiqué précédemment, des extincteurs adaptés aux feux d'origine électrique seront installés près des transformateurs et dans chaque éolienne. Ces extincteurs pourront notamment être utilisés par les équipes de maintenance si un départ de feu a lieu durant leur présence sur site.

Le personnel intervenant sur le parc éolien, et dans les éoliennes plus particulièrement, est formé à l'utilisation des dispositifs de secours et d'évacuation. Lorsqu'une personne non formée à ces dispositifs doit intervenir sur les éoliennes, cette dernière est systématiquement accompagnée par un nombre adéquat de personnes formées.

Les dispositifs d'évacuation sont constitués d'une porte en pied de mât (manœuvrable de l'intérieur), d'une trappe à l'intérieur de la nacelle et d'un système équipé d'un treuil et de harnais.

À l'intérieur du mât, en cas de coupure de courant, un éclairage de sécurité conforme à la réglementation en vigueur sera prévu, afin d'assurer l'évacuation des personnes en cas de besoin.

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.

- **Numéros d'urgence et premiers secours**

Des panneaux de signalisation rappelant les consignes de sécurité, les numéros d'urgence et les coordonnées du service de maintenance, seront placés sur les voies d'accès au site et à l'entrée des différents équipements (mâts et postes de livraison). Le personnel de maintenance disposera d'un téléphone portable utilisable sur le site en cas de nécessité.

Les numéros utiles pour alerter les secours en cas d'urgence qui seront indiqués sont notamment :

- Pompiers : 18 / 112
- SAMU : 15
- Police secours : 17

- **Exploitation**

Le fonctionnement de l'installation devra être assuré par un personnel compétent d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il devra connaître les procédures à suivre en cas d'urgence et procéder à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours. En fonction de l'évolution du code de l'environnement et des normes de sécurité les formations à la maîtrise des risques accidentels sont dispensées au personnel d'intervention par exemple sur la base de catalogue de formation Ineris.

- **Consignes de sécurité**

Des consignes de sécurité devront être établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiqueront :

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

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

En application avec l'article 11 de l'arrêté du 22 juin 2020, l'exploitant s'engagera également à former son personnel sur les consignes de sécurité du site et sur les risques présentés par l'installation, les moyens mis en œuvre pour les éviter et les procédures d'urgence à appliquer.

Un affichage des prescriptions à observer par les tiers doit être visible sur un panneau d'information sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur les postes source. Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, des postes de livraison doivent être maintenus fermés à clé, afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.

Les agriculteurs exploitants situés dans la zone de portée seront informés des consignes de sécurité et des numéros de services d'urgence à contacter en cas de besoins. Les communes concernées devront prendre en charge la prévention et la sécurité lors de la présence occasionnelle de groupes de personnes (centres de loisirs, groupes scolaires...). Les équipements de sécurité des éoliennes, tels que les systèmes de contrôle de survitesse, le dispositif d'arrêt d'urgence, le système de protection contre la foudre, les capteurs, etc. font l'objet de vérifications de maintenance particulières selon des protocoles définis par les constructeurs et suivis dans le cadre du système qualité de l'exploitant.

- **Installations électriques**

Les installations électriques doivent être réalisées conformément à la Directive du 17/05/2006 et aux normes NF C 15-100, NF C 13-100 et NF C 13-200.

Toutes les installations électriques doivent être entretenues en bon état et contrôlées après leur installation ou leur modification, par une personne compétente.

La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs aux dites vérifications sont fixés par l'Arrêté du 10 octobre 2000. (Art. 10 de l'arrêté du 26/08/2011)

- **Mise à la terre des équipements**

Selon l'article 9 de l'arrêté du 10 décembre 2021, « L'installation est mise à la terre pour prévenir les conséquences du risque foudre. Le respect de la norme NF EN IEC 61 400-24, dans sa version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L.181-8 du code de l'environnement, pour un projet de renouvellement, dans sa version en vigueur à la date du dépôt d'un porter-à-connaissance auprès du préfet. Un rapport de contrôle d'un organisme compétent au sens de l'article 17 de l'arrêté ministériel du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au seuil des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation attestera de la mise à la terre de l'installation avant sa mise en service industrielle. Des contrôles périodiques seront effectués pour vérifier la pérennité de la mise à la terre, selon des périodicités suivantes : une fois par an pour le contrôle visuel et une fois tous les deux ans pour le contrôle avec mesure de la continuité électrique.

En effet, l'ensemble de l'aérogénérateur, particulièrement les équipements métalliques (réservoirs, cuves, canalisation) doivent être mis à la terre conformément aux règlements et aux normes applicables, compte-tenu notamment de la nature explosive ou inflammable des produits, comme énoncé dans l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.

Plusieurs paratonnerres sont installés sur les pales, la nacelle et le mât.

Chaque pale est pourvue d'une pointe en aluminium ou d'un récepteur de foudre de chaque côté de la pointe qui dévie le courant de la foudre par un câble en acier vers le moyeu du rotor. Les opérations de maintenance du système de la mise à la terre incluront un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

IV.2.3 OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

L'entretien des éoliennes est réalisé par le constructeur, qui dispose de toute l'expertise, des techniciens formés, de la documentation, des outillages et des pièces détachées nécessaires. Il fait l'objet d'un contrat d'une durée de 5 à 20 ans. L'objectif de cet entretien est le maintien en état des éoliennes pour la durée de leur exploitation, soit 20 ans minimum, avec un niveau élevé de performance, de fiabilité et de disponibilité, et dans le respect de la sécurité des intervenants et des riverains.

Le plan d'entretien est rédigé par l'exploitant sur la base des recommandations du constructeur, et dans le respect de la réglementation ICPE. Chaque fabricant d'éoliennes construit ses matériels selon les normes européennes en vigueur, et respecte en particulier la norme IEC 61 400-1 définissant les besoins pour un plan de maintenance.

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

Pour ces opérations de maintenance, une équipe de techniciens spécialisés interviendra sur site.

La maintenance est généralement composée d'une à plusieurs équipes de deux personnes compétentes dont le rayon d'action n'excède pas la centaine de kilomètres. Ainsi, leur intervention est rapide toute l'année et 24h/24.

Les constructeurs d'éoliennes actifs en France disposent de nombreux centres de maintenance principaux au plus proche des zones d'implantation d'éoliennes. Ces centres sont complétés par des centres de proximité et des équipes mobiles proches des sites. Par exemple pour le turbinier Vestas, deux centres principaux se situent à moins de 3 h du projet, un à Niort (1h15) et un à Sancheville au sud de Chartres(3h). Des petits centres de maintenance de proximité pour Nordex et Vestas se situent à Fontaine-le-Comte (35 km) ou Lussac-les-châteaux (11km).

Des opérations de maintenance périodique seront programmées tout au long des années de fonctionnement des éoliennes afin de vérifier l'état et le fonctionnement de leurs sous-systèmes, détaillées dans les procédures spécifiques.

Des check-lists sont établies afin d'assurer la traçabilité des opérations effectuées.

IV.2.3.1 MISE EN ROUTE

Comme énoncé dans l'article 12 de l'arrêté du 22 juin 2020, avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalisera des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent :

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

Suivant une périodicité qui ne pourra excéder un an, l'exploitant réalisera 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. Les résultats de ces tests sont consignés dans le registre de maintenance.

IV.2.3.2 MAINTENANCE PREVENTIVE

Selon la définition de l'AFNOR, la maintenance préventive est exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits, et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.

Conformément aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011, l'entretien préventif est réalisé au cours de deux visites annuelles au cours desquelles les éléments suivants sont vérifiés :

- L'état des structures métalliques (tours, brides, pales) et le bon serrage des fixations
- La lubrification des éléments tournants, appoints d'huile au niveau des boîtes de vitesse ou groupes hydrauliques
- La vérification des éléments de sécurité de l'éolienne, dont l'arrêt d'urgence, la protection contre les survitesses, la détection incendie
- La vérification des différents capteurs et automates de régulation
- L'entretien des équipements de génération électrique
- Les tâches de maintenance prédictive : surveillance de la qualité des huiles, état vibratoire...
- La propreté générale

IV.2.3.3 MAINTENANCE PREDICTIVE

La maintenance prédictive (ou prévisionnelle) est une maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation d'un bien (définition issue de la norme NF EN 13306 X 60-319).

Afin d'optimiser les conditions d'exploitation et de réduire les coûts associés à des arrêts de production non programmés, l'exploitant met en place un programme de maintenance prédictive, allant au-delà des prescriptions usuelles du constructeur. Cette anticipation de pannes est faite par la surveillance des paramètres d'exploitation des éoliennes, tels que les températures des équipements, l'analyse en laboratoire des lubrifiants et l'analyse des signatures vibratoires de certains équipements tournants. Ainsi, lorsqu'un paramètre dévie de sa plage normale de fonctionnement, l'exploitant déclenche une opération de maintenance ciblée sur le problème détecté, sans qu'une panne n'ait arrêté l'éolienne.

Les opérations de maintenance prédictive concernent les systèmes électriques et mécaniques, le resserrage des fixations, le changement des liquides de lubrification, réglage des paramètres de contrôle, diverses inspections visuelles...

IV.2.3.4 MAINTENANCE CORRECTIVE

La maintenance corrective est une maintenance exécutée après détection d'une panne, et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise (définition issue de la norme NF EN 13306 X 60-319).

Tout au long de l'année, des interventions sont déclenchées au besoin en cas de dysfonctionnement ou lorsqu'un équipement tombe en panne (remplacement d'un capteur défaillant...). Le centre de surveillance envoie une équipe de maintenance après l'avoir avertie de la nature de la panne observée et des éléments probables pouvant contribuer à la panne.

IV.2.3.5 CONTROLES REGLEMENTAIRES PERIODIQUES

S'agissant d'une installation classée, l'exploitant s'assure également de la conformité réglementaire du parc au regard de la sécurité des travailleurs et de l'environnement. Il fait contrôler par un organisme indépendant agréé le maintien en bon état des équipements électriques, des moyens de protection contre l'incendie, des protections individuelles et collectives contre les chutes de hauteur, des moyens de levage, des élévateurs de personnes et des équipements sous pression. Le matériel de lutte contre l'incendie est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.

En fin de construction, des essais sont planifiés avant mise en service effective, afin de vérifier les réglages. Ils comprendront notamment un arrêt, un arrêt d'urgence et un arrêt depuis un régime de survitesse ou une simulation de ce régime. L'état fonctionnel de ces équipements de mise à l'arrêt sera ensuite testé au minimum une fois par an. Cette opération est intégrée au plan de maintenance du fournisseur des machines.

Par ailleurs, l'exploitant réalisera ou fera réaliser les différents types de contrôle prévus à l'article 13 de l'arrêté du 22 juin 2020 : brides de fixations, brides de mât, fixation des pales, visuel. Ces derniers devront être effectués dans un délai de 3 mois et 1 an après la mise en service, puis au minimum tous les 3 ans.

Un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité sera également planifié tous les ans. Le plan de maintenance intégrera l'ensemble de ces contrôles. Les rapports de contrôle seront tenus à disposition de l'inspection des installations classées.

IV.2.4 STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

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

Le fonctionnement d'un parc éolien produit une faible quantité de déchets, principalement issus des opérations de maintenance des équipements. Les déchets générés par cette activité sont de type :

- Huiles usagées (environ 25% du total)
- Chiffons et emballages souillés (environ 30% du total)
- Piles, batteries, néons, aérosols, DEEE2 (environ 5% du total)

- Déchets industriels banals : ferrailles, plastiques, emballages, palettes bois (environ 40%).

L'ensemble des déchets générés par les opérations de maintenance fait l'objet d'une collecte, d'un tri et d'un traitement dans une filière adaptée à leur nature.

La quantité approximative produite est d'environ 190 kg par éolienne et par an, soit 1 140 kg par an pour le parc de Verrières.

IV.3 FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

IV.3.1 RACCORDEMENT ELECTRIQUE

Le raccordement électrique des éoliennes au réseau public de distribution, permettant l'utilisation de l'électricité produite par le parc éolien, est composé comme suit (cf. Figure ci-dessous) :

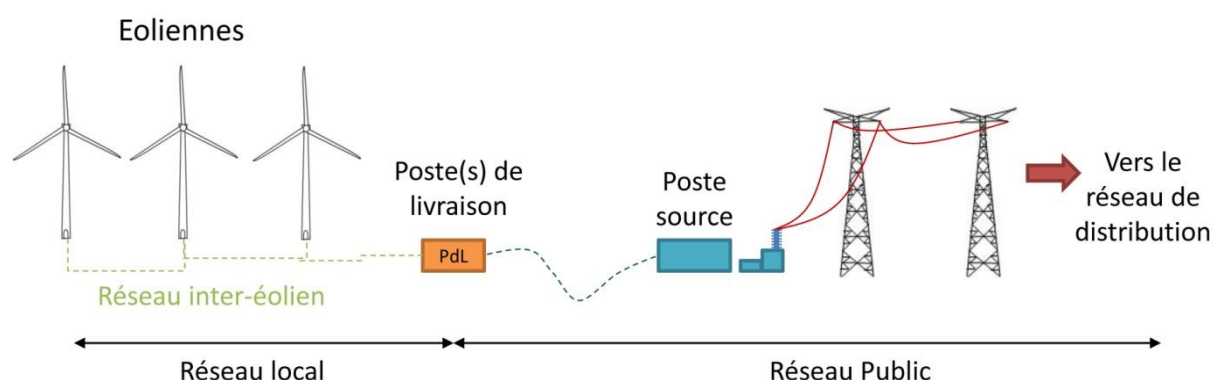


Figure 24 : Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

- Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, situé dans la nacelle ou dans la base du mât, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.

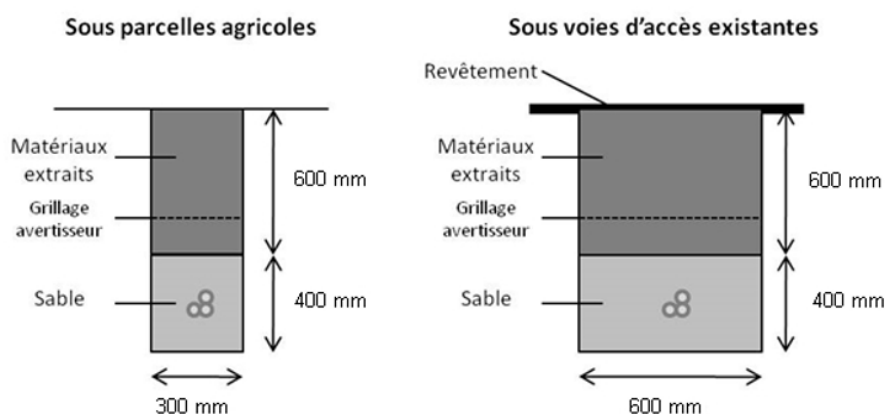


Figure 25 : Coupes générales des tranchées destinées à l'enfouissement des lignes électriques

Le réseau interne du parc de Verrières représente une longueur d'environ 4 km.

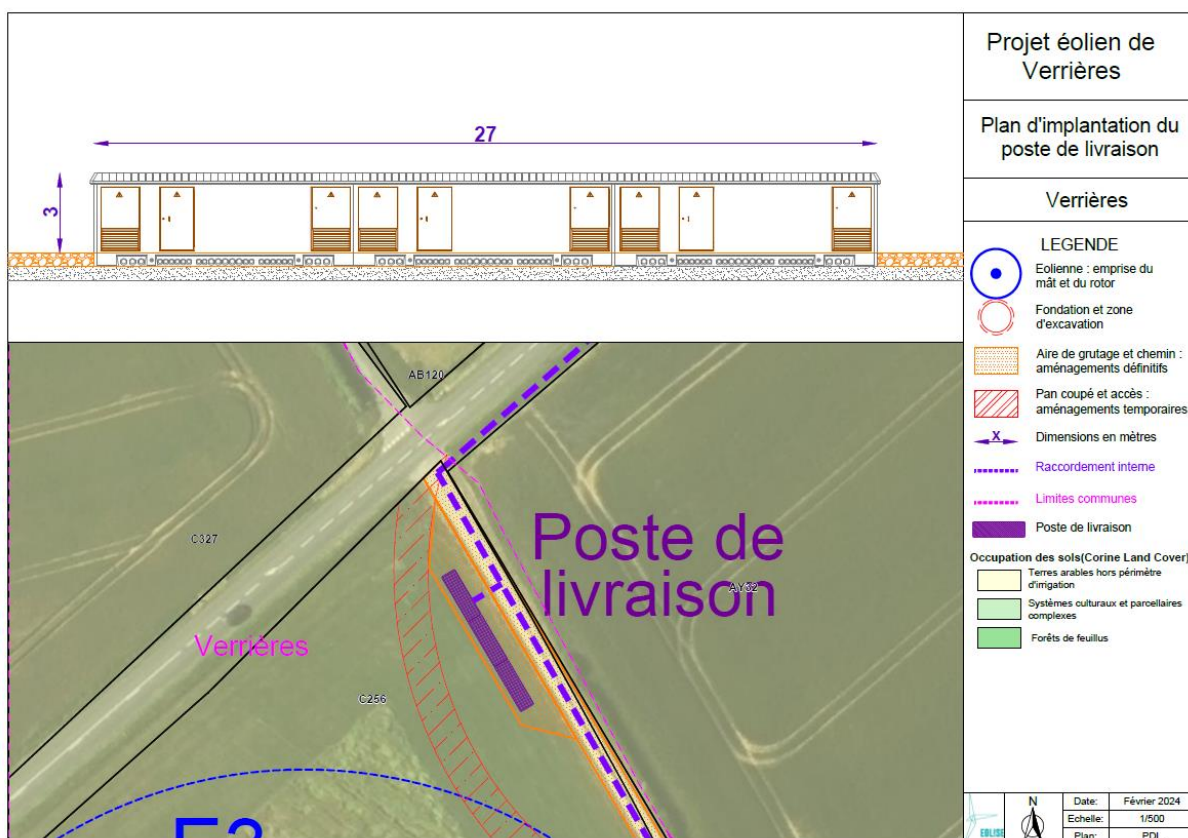
- Poste(s) de livraison

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

La localisation exacte des emplacements des postes 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.

Dans le cas du projet éolien de Verrières, le raccordement s'effectue via 3 postes de livraison, dont la capacité unitaire maximale est de 17 MW (voir cartes ci-dessous).





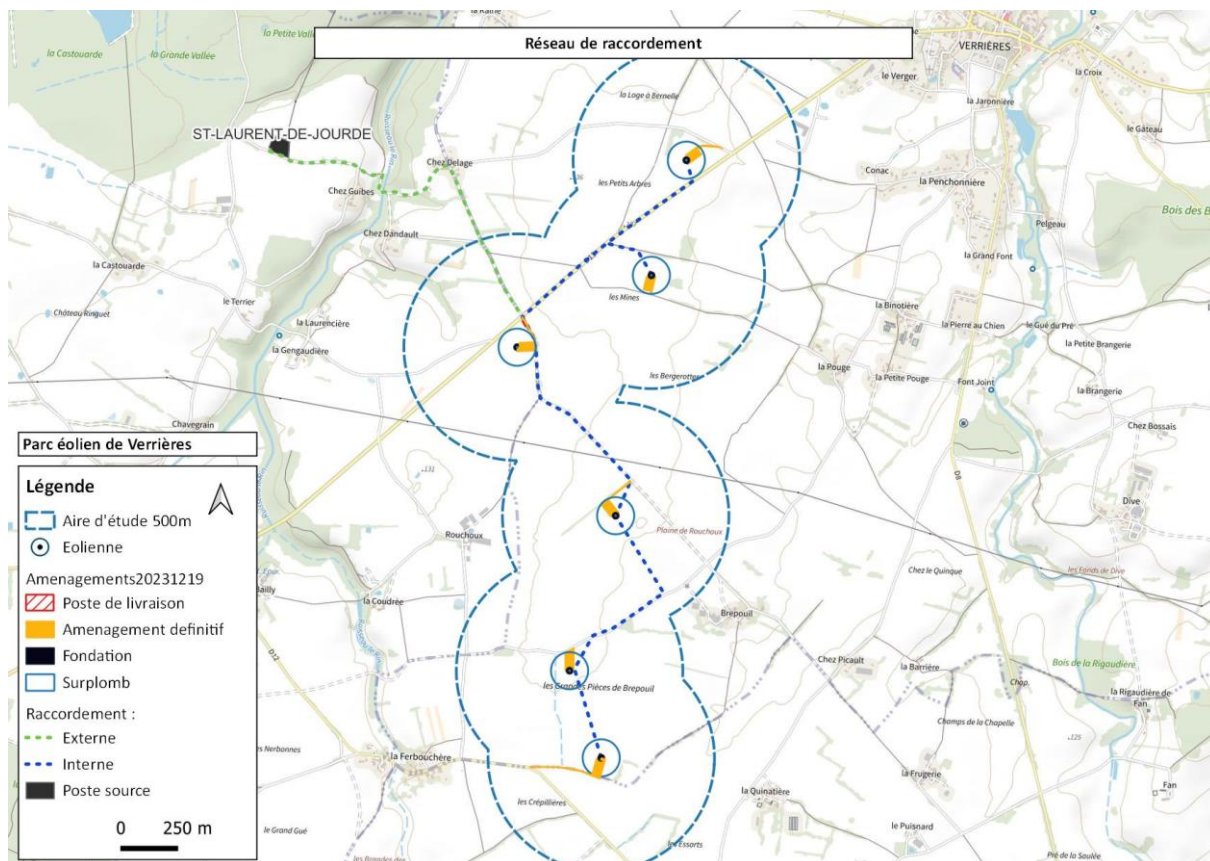
- Réseau électrique externe

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

Le raccordement électrique au réseau public de distribution existant sera défini et réalisé par le gestionnaire du réseau public qui en est le Maître d'Ouvrage et le Maître d'œuvre. Le tracé du raccordement définitif entre les structures de livraison et le poste source sera confirmé après obtention de l'Autorisation Environnementale.

Le raccordement électrique est réalisé en souterrain (à une profondeur minimum de 80 cm), généralement en bord de route ou de chemin, selon les normes en vigueur. Dans la mesure où la procédure de raccordement n'est lancée qu'une fois l'Autorisation Environnementale accordée, le tracé du raccordement n'est pas validé pendant la phase d'instruction. Toutefois nous pouvons préciser que celui-ci reste dans le domaine public. Le tracé précis et définitif du raccordement sera alors connu à la signature de la convention de raccordement après l'obtention de l'autorisation du parc éolien. Il constitue une extension du réseau public de distribution. Les coûts inhérents aux études et aux travaux sont intégralement à la charge du pétitionnaire.

Le raccordement du parc éolien est envisagé au poste de transformation électrique de Saint-Laurent-de-Jourdes, situé sur la commune du même nom. La liaison entre les postes de livraison situés sur la commune de Verrières et du poste de transformation de Saint-Laurent-de-Jourdes mesure 2,3 km. La liaison s'effectuera selon les modalités précisées ci-dessus.



IV.3.2 AUTRES RESEAUX

Le parc éolien de Verrières n'est pas concerné par un réseau.

V. 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, seront traitées dans l'analyse de risques.

V.1 POTENTIELS DE DANGERS LIES 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 Verrières 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, nettoyeurs...) et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...)

Les huiles et les graisses ne sont pas des produits inflammables, mais sont des produits combustibles qui peuvent développer ou entretenir un incendie sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud. Certains produits de maintenance peuvent être inflammables, mais ne sont amenés dans l'éolienne que pour les opérations et repris en fin d'opération.

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

Par ailleurs, les articles 20 et 21 dudit arrêté stipulent que les déchets générés par l'exploitation seront traités et si possible valorisés dans des centres adéquats. Aucun déchet ne sera brûlé à l'air libre. Le suivi de la traçabilité est assuré grâce à l'émission de bordereaux de suivi de déchets (BSD).

V.1.1 INVENTAIRES DES PRODUITS

La liste en est fournie dans le tableau suivant :

Tableau 21 : Liste des produits utilisés (Source : Nordex)

Lieu de lubrification	Lubrifiant	Quantité	Classe de matière dangereuse
Système de refroidissement /Génératrice, /Convertisseur	Liquide de refroidissement	env. 300 L	Xn
Roulements de la génératrice	Graisse	env. 12 kg	-
Multiplicateurs, circuits de refroidissement inclus	Huile minérale Huile synthétique	Max. 800 L	-
Système Hydraulique	Huile minérale	env. 25 L	-
Roulement du rotor	Graisse	env. 30 kg	-
Roulement d'orientation des pales	Graisse	Approx. 35 kg	-
Boite de vitesse du système d'orientation des pales	Huile synthétique	3 x 11 L	-
Boite de vitesse du système d'orientation de la nacelle	Huile synthétique	4 x 27 L	-
Roulements du système d'orientation de la nacelle	Graisse	13 kg	-
Transformateur	-	-	-

Nota : Graisse = lubrifiant solide ; huile = lubrifiant liquide.

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

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

V.1.2 DANGERS DES PRODUITS

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien de Verrières sont :

L'incendie : des produits combustibles sont présents 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.

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

Les produits seront présents en quantité restreinte sur le site.

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

Le guide technique préconise qu'au vu de la nature et des volumes des produits présents dans les aérogénérateurs, l'exploitant pourra se limiter à une description générale des produits utilisés et des dangers associés.

V.2 POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Verrières 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 :

Tableau 22 : Dangers potentiels liés au fonctionnement du parc éolien

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 / Chute de nacelle	Energie cinétique de projection / de chute
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets

V.3 REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

Dans ce paragraphe, il s'agit d'étudier d'une part, la possibilité de supprimer ou de substituer aux procédés et aux substances dangereuses, à l'origine des phénomènes redoutés et dangers potentiels identifiés précédemment, des procédés ou substances présentant des dangers moindres ; et d'autre part, la possibilité de réduire le potentiel de danger présent sur site, sans augmenter le risque par ailleurs.

V.3.1 PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES

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.

V.3.1.1 REDUCTION DES DANGERS LIES AUX PRODUITS

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. La quantité est située entre 1 000 et 1 500 L par éolienne selon le modèle, et les lubrifiants doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon le type.

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.

On note que la nacelle fait office de bac de récupération en cas de fuite au niveau de la couronne d'orientation. Le transformateur, présent dans la nacelle, ne nécessite pas de bac de récupération lorsqu'un système sec est utilisé, il ne nécessite donc l'usage d'aucun lubrifiant. Lorsqu'un transformateur à huile est utilisé, la nacelle et la plateforme supérieure du mât sont conçues pour collecter les éventuelles fuites.

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.

V.3.1.2 REDUCTION DES DANGERS LIES AUX INSTALLATIONS

• Emplacement des installations

Au cours de la conception du projet éolien de Verrières, un certain nombre de distances d'implantation a été considéré, pour des raisons techniques, sécuritaires et réglementaires :

- 500 m vis-à-vis des premières habitations et des zones urbanisables
- 200 m vis-à-vis des routes départementales

Comme le montrent les cartographies de synthèse au paragraphe III. 4 l'aire d'étude n'intègre pas de forts enjeux humains ni matériels. Les distances considérées permettent de réduire à la source les potentiels dangers liés au fonctionnement de l'installation.

• Caractéristiques des éoliennes

Comme indiqué précédemment, le parc éolien de Verrières est composé de 6 aérogénérateurs et de 3 postes de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de mât de 148m au sens de la réglementation ICPE, et un diamètre de rotor de 164m maximum, soit une hauteur totale en bout de pale de 230m. Chacun possède des équipements de sécurité en série, répondant à des standards et des normes. Les évolutions technologiques des dernières années ont notamment permis d'optimiser ces équipements et de limiter les risques.

Les caractéristiques des éoliennes choisies permettent également de réduire à la source les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.

Les mesures générales de prévention limitant les risques d'accident sur le parc éolien de Verrières sont les suivantes :

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

V.3.2 UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

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

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

Entrée en vigueur le 7 janvier 2011, la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles et à la prévention et réduction intégrées de la pollution, dite « Directive IED », constitue une refonte de la directive IPPC. Elle en renforce les principes directeurs et encadre de manière plus étroite la mise en œuvre. Elle s'applique aux activités industrielles à potentiel majeur de pollution, définies à l'annexe I de la directive.

En droit français, l'ordonnance n°2012-7 du 5 janvier 2012 porte transposition du chapitre II de la directive IED et crée dans la partie législative du Code de l'environnement une nouvelle section concernant uniquement les installations visées par l'annexe I (appelées installations IED). Cette section regroupe les principes généraux applicables et prévoit l'identification des installations visées au sein de la nomenclature des installations classées (rubriques 3000).

L'article L.515-28 du Code de l'environnement, ainsi créé, introduit le principe de mise en œuvre des meilleures techniques disponibles (MTD).

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

VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

VI.1 OBJECTIF DE L'ACCIDENTOLOGIE

L'objectif de ce chapitre est de recenser et analyser les différents incidents et accidents survenus sur des installations de la filière éolienne. Il ne s'agit pas de dresser une liste exhaustive de ces événements, mais de rechercher les types d'incidents et d'accidents les plus fréquents, leurs causes et leurs effets, ainsi que les mesures prises pour limiter leur occurrence ou leurs conséquences, en vue de l'analyse des risques pour l'installation.

Ainsi, l'accidentologie est un outil complémentaire de l'analyse préliminaire des risques qui permet d'identifier :

- Les installations, équipements, comportements ou opérations à risque pouvant engendrer des défaillances ou des événements redoutés
- Les conséquences de ces événements redoutés
- Les moyens mis en œuvre afin de réduire, voire supprimer, le risque.

Les enseignements qui pourront en être tirés doivent permettre une meilleure maîtrise du risque dans les parcs éoliens.

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature 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 rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie VIII pour l'analyse détaillée des risques.

VI.2 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien de Verrières. 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). Il a été mis à jour selon l'accidentologie récente jusqu'à l'année 2022.

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

- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004)
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens
- Articles de presse divers dont presse locale
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France

L'inventaire présenté en Annexe 2 de la présente étude de dangers a été actualisé jusqu'à fin 2022 dans le cadre de la présente étude de dangers, à l'aide de la base de données ARIA. Les mots-clés sélectionnés dans la base ARIA sont « éolien » et « éolienne » pour une recherche en France et à l'étranger. Certains résultats sont communs entre les deux mots-clés.

La base de données ARIA -Analyse, Recherche et Information sur les Accidents- du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels), exploitée par le Ministère de la Transition écologique et solidaire, recense et analyse les accidents et incidents en France et à l'étranger intervenus dans différents secteurs industriels qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement

depuis le 1er janvier 1992. Les événements les plus graves qui ont pu se produire avant 1992 sont également répertoriés (6% des accidents français ou étrangers recensés dans ARIA sont antérieurs à 1988).

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 du 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 entre 2000 et 2012. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (voir tableau détaillé en Annexe 2). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné. Nous l'avons mis à jour à fin 2022 en y ajoutant les incidents majeurs survenus dans les parcs éoliens entre 2012 et fin 2022 afin que les données soient plus représentatives. Ainsi, entre 2000 et 2022, un total de 95 incidents a pu être recensé.

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2022. 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. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur foncée ;
- La répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur claire.

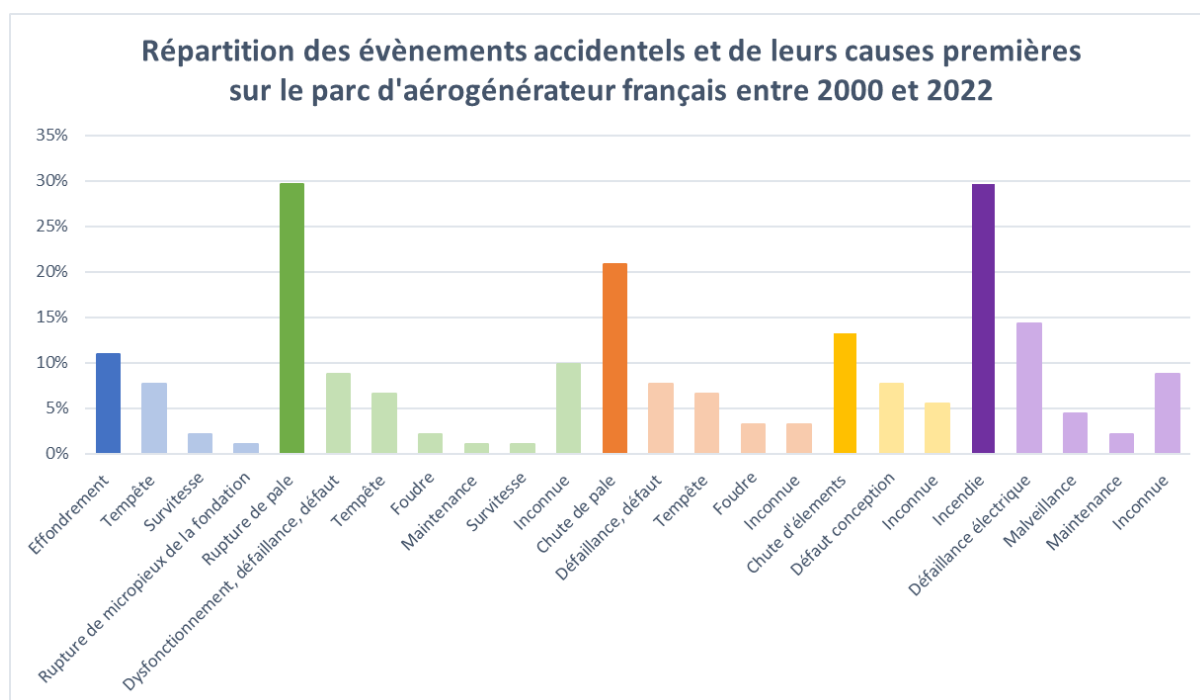


Figure 26 : Répartition des accidents et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2022

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

A noter qu'il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques. Ainsi, par la suite, la mise à jour des probabilités de chaque événement accidentel identifié a été effectuée pour tenir compte de l'accidentologie des machines de technologie récentes c'est-à-dire installées à partir de 2002 et d'une puissance unitaire supérieure ou égale à 0,8 MW.

VI.3 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

Un premier inventaire des incidents et accidents à l'international avait également été réalisé. Il se basait lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010. Les données provenaient 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 n'étaient donc pas pris en compte dans l'analyse.

Une consultation plus récente de cette base de données précise que sur les 3358 accidents décrits dans la base de données (recensés depuis les années 70 jusqu'au 31 décembre 2022), seuls 1273 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des dommages environnementaux ne sont pas pris en compte dans l'analyse suivante.

Année	Rupture de pale	Incendie	Effondrement	Projection de glace	Nombre d'accident
Avant 2000	35	7	15	9	66
2000-2005	65	77	39	12	193
2006-2010	106	86	56	11	259
2011	20	23	13	1	57
2012	29	24	10	1	64
2013	37	26	15	0	78
2014	32	21	13	1	67
2015	22	24	12	1	59
2016	21	28	11	3	63
2017	19	26	15	1	61
2018	28	27	9	2	66
2019	25	25	8	3	61
2020	32	25	10	1	68
2021	19	21	13	0	53
2022	23	19	16	0	58
Total	513	459	255	46	1273

Tableau 23 : Statistiques des accidents éoliens (Source : CWIF)

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

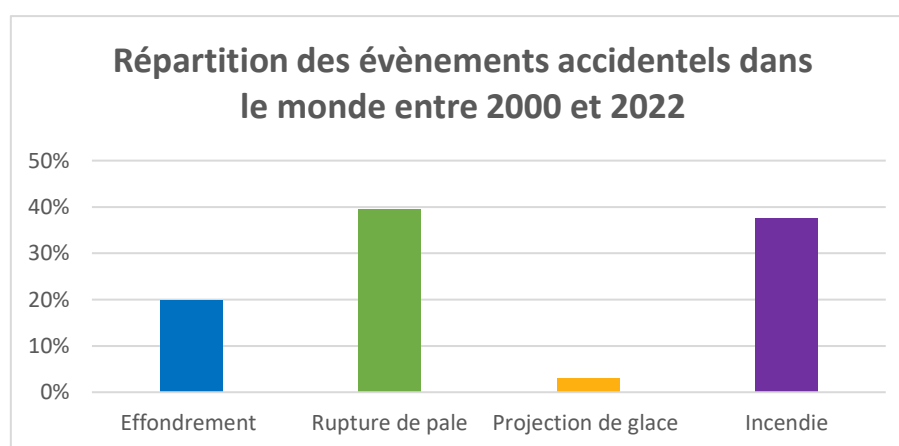


Figure 27 : Répartition des accidents dans le monde entre 2000 et 2022

La répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2022 est du même ordre de grandeur que celle qui avait été observée entre 2000 et 2011 par le groupe de travail de SER/FEE.

Aussi, tout comme pour le retour d'expérience français, le retour d'expérience international montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents. Il souligne également le rôle de la foudre dans les accidents.

L'association Caithness Wind Information Forum (CWIF) a rédigé une synthèse statistique des accidents liés à l'éolien au 31 mars 2020.

Le graphique ci-dessous présente le nombre d'accidents survenus de 1996 à fin 2019.

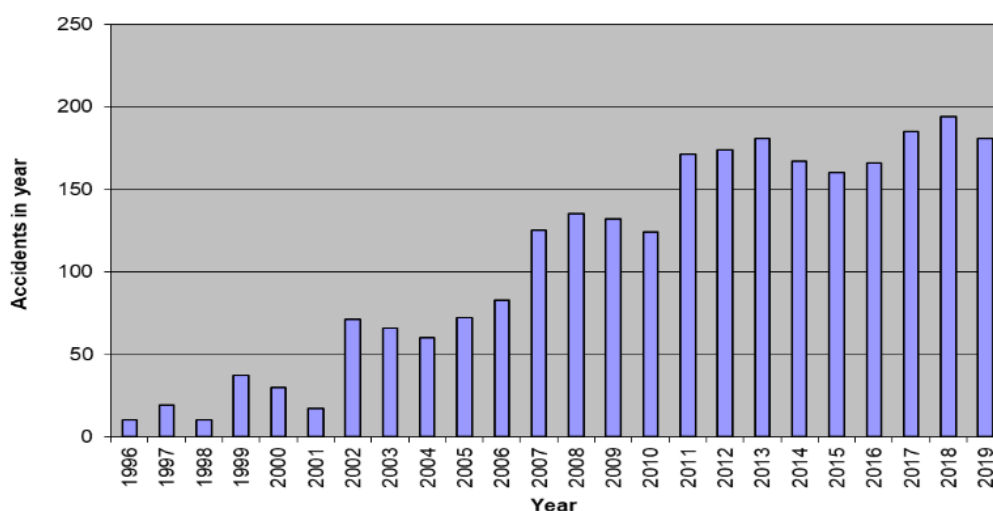


Figure 28 : Nombre d'accidents par an à l'étranger selon la CWIF

(Source : <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/accidents>)

De manière générale, le graphique témoigne d'une hausse du nombre d'accidents par an depuis 1996, avec une moyenne de 49 accidents par an de 2000 à 2004 inclus ; 109 accidents par an de 2005 à 2009 inclus ; 163 accidents par an de 2010 à 2014 inclus, et 177 accidents par an de 2015 à 2019 inclus. A noter que l'augmentation du nombre d'accidents est également corrélée au nombre croissant d'éolienne installée. Ramené au nombre d'éoliennes en fonctionnement le nombre d'accident par éolienne en exploitation est en diminution constante. En effet, le graphique ci-dessous, montre bien que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement à la puissance installée d'éolienne. Depuis 2008, l'énergie éolienne s'est fortement développée dans le monde, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant.

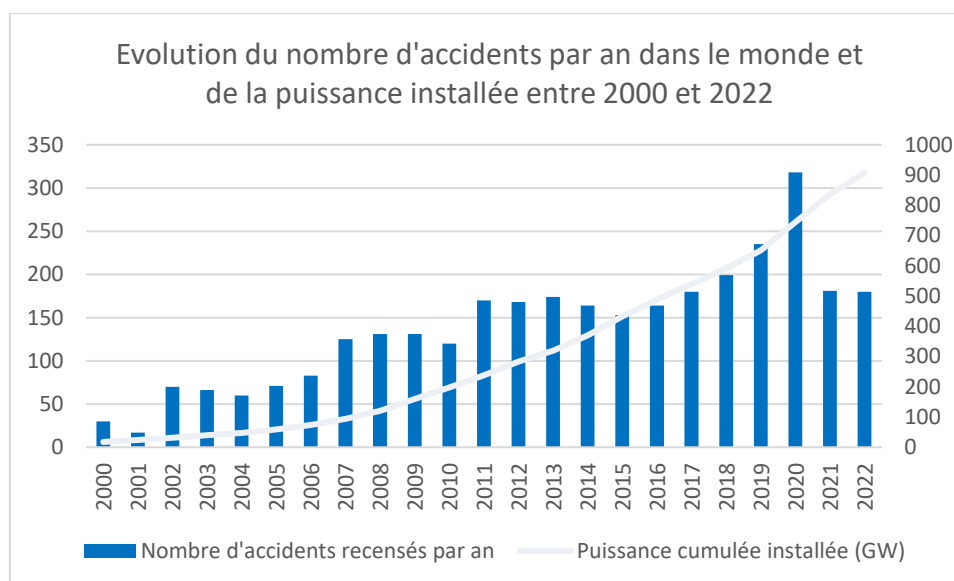


Figure 29 : Evolution du nombre d'accidents par an dans le monde et de la puissance installée entre 2000 et 2022

Depuis les années 80, il y a eu 3 358 accidents recensés par la CWIF. Les données collectées par l'association mettent en évidence que la défaillance des pales est l'accident le plus courant avec 513 cas, suivi de près par un incendie (459 cas). Une "défaillance de pale" peut provenir de plusieurs sources possibles et entraîner la projection du rotor ou de morceaux de la turbine.

La troisième cause d'accident la plus courante, avec 255 instances trouvées est la "défaillance structurelle". C'est une défaillance majeure d'un composant dans des conditions que les composants devraient être conçus pour résister. Cela concerne principalement les dommages causés par les tempêtes aux turbines et l'effondrement de la tour. Cependant, un contrôle de qualité médiocre, un manque de maintenance et une défaillance des composants peuvent également être responsables. Le transport des éoliennes est également à l'origine de 287

accidents. La plupart des accidents impliquent des sections de turbines qui tombent des transporteurs. Enfin, CWIF estime que la projection de glace est à l'origine de 46 accidents depuis les années 1980.

VI.4 INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

Eolise est une jeune société récemment créée en 2016, par conséquent elle n'exploite pas encore de parc éolien et ne recense donc pas d'accidents majeurs. Les fondateurs de la société Eolise sont à l'origine du développement de 277 éoliennes en exploitation en Hauts-de-France. Pour l'ensemble de ces éoliennes mises en service entre 2005 et 2018 aucun accident majeur n'est constaté.

VI.5 SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

VI.5.1 ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

A partir de l'ensemble des phénomènes dangereux qui ont été recensés, il est possible d'étudier leur évolution en fonction du nombre d'éoliennes installées (Figure 31) ou de puissance installée (Figure 32). En effet, certaines données étant manquantes ou peu fiables sur les dernières années en termes de nombre d'éoliennes installées, une comparaison a également été réalisée avec l'évolution de la puissance installée.

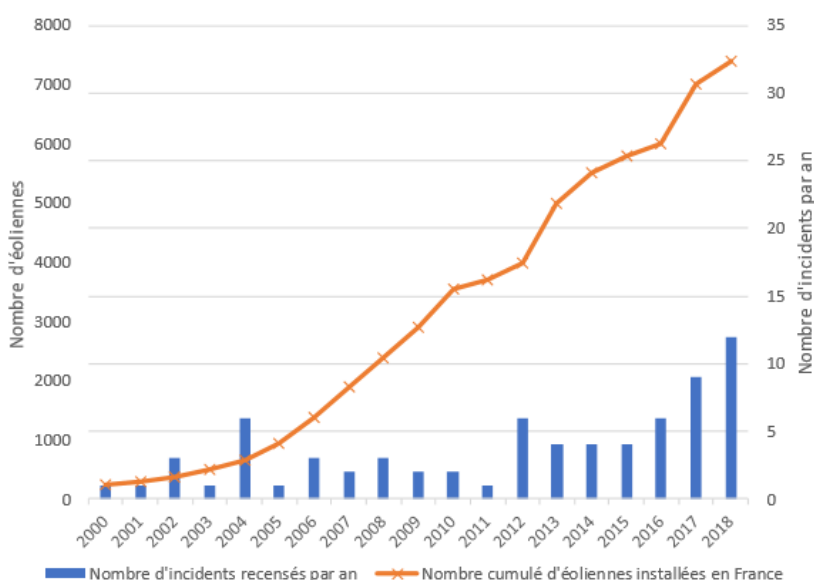


Figure 30 : Évolution du nombre d'incidents annuels recensés en France et du nombre d'éoliennes installées
(Source : Guide technique, ARIA)

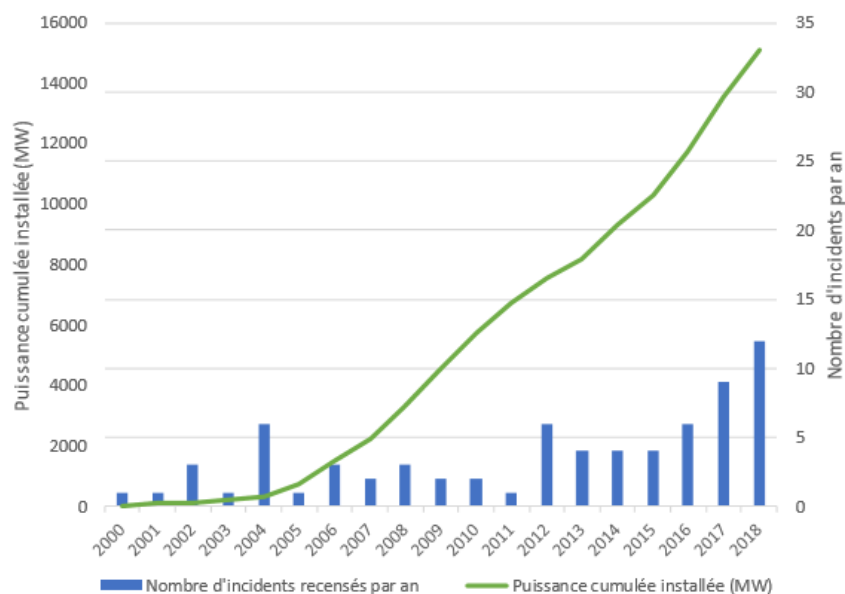


Figure 31 : Évolution du nombre d'incidents annuels recensés en France et de la puissance installée
(Source : Guide technique, ARIA, Panorama de l'électricité renouvelable en 2018)

Les figures précédentes montrent cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées, ni à la puissance installée. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant. Le nombre d'incidents ramené au nombre d'éoliennes est lui en diminution constante.

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 ainsi que par l'évolution et le renforcement des protocoles de maintenance et de sécurité.

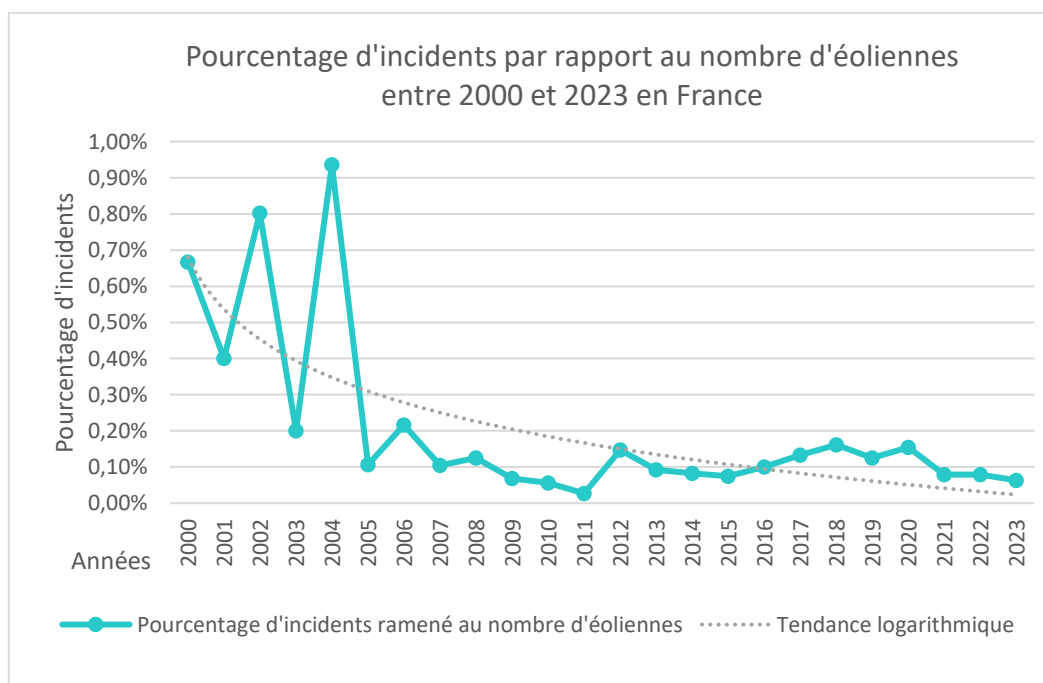


Figure 32 : Représentation du nombre d'incidents par rapport au nombre d'éoliennes entre 2000 et 2023 en France

VI.5.2 ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS

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

VI.6 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.

Pour rappel, l'exploitant d'un parc ICPE doit consigner dans un rapport tout type de panne, incident et accident survenu au cours de l'exploitation de l'installation.

VII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

VII.1 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.

VII.2 RECENSEMENT DES EVENEMENTS 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.

VII.3 RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

- les agressions externes liées aux activités humaines ;

- les agressions externes liées à des phénomènes naturels.

Les tableaux suivants constituent une synthèse des agressions externes.

VII.3.1 AGRESSION EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines avec une estimation des distances minimales séparant chaque aérogénérateur de la source de l'agression potentielle. Seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 mètres (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) seront recensées ici, à l'exception de la présence des aérodromes qui sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 kilomètres et des autres aérogénérateurs qui seront reportés dans un rayon de 500 mètres. A l'exception aussi des lignes HTA qui seront reportées lorsque celles-ci sont implantées dans un rayon de 20 mètres (distance correspondant à la chute d'un pylône).

Tableau 24 : Principales agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes					
					E1	E2	E3	E4	E5	E6
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	D13 à 85m	—	D13 à 82m	-	-	-
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 000 m	Aucun aérodrome dans le périmètre considéré					
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Aucune ligne THT dans le périmètre considéré					
Ligne HTA				20 m	Aucune ligne HTA dans le périmètre considéré					
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	531 m de E2	673 m de E3	862m de E2	8714 m de E5	409 m de E6	-

Il n'existe aucun aérodrome ou aéroport dans un rayon de 2 km par rapport aux éoliennes du projet du parc de Verrières, ni aucune voie de circulation structurante, ni de ligne électrique aérienne dans un rayon de 200 m.

Les aérogénérateurs présents dans un rayon de 500 m appartiennent au parc de Verrières.

VII.3.2 AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

Tableau 25 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	La vitesse du vent moyenne annuelle à 120 m de hauteur est de 7,3 m/s. Le site d'implantation des éoliennes n'est pas compris dans une zone affectée par des cyclones tropicaux.
Foudre	Le niveau kéraunique (nombre de jours d'orage par an) de la Vienne est inférieur à 25. La densité de foudrolement (nombre d'impact foudre par an et par km ²) dans le département est compris entre 1,5 et 2,5. Le parc éolien respectera la norme IEC 61 400-24 (juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (décembre 2006).
Glissement de sols / affaissement miniers	Aucun mouvement de terrain recensé au sein de l'aire d'étude. Aucune cavité souterraine recensée dans l'aire d'étude. L'aléa retrait-gonflement des argiles est fort sur l'ensemble de l'aire d'étude.

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.

VII.4 SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Les potentiels de dangers des installations, qu'ils soient liés aux produits ou au fonctionnement des équipements, ont été recensés au paragraphe V. L'APR doit à présent identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

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'APR 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 (en bleu clair)
- « I » pour ceux concernant l'incendie (en rose)
- « F » pour ceux concernant les fuites (en jaune)
- « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne (en vert)
- « P » pour ceux concernant les risques de projection (en bleu foncé)
- « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement (en violet).

À noter que les fonctions de sécurité numérotées de 1 à 12 seront détaillées à la suite de ce tableau générique des risques, au paragraphe VII. 6.

Tableau 26 : Tableau d'analyse générique des risques (Source : Guide technique de l'étude de dangers, Mai 2012)

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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4) Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau (N°13)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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
E03	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
E04	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Chute fragments et chute mât	2
E05	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	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
E08	Tempête	Impact rotor	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				(construction / exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)		
E09	Survitesse de rotation des pales	Agression externe et fragilisation de la 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
E10	Survitesse de rotation des pales + défaut des batteries de secours permettant la mise en drapeau des pales	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

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

Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en Annexe 3.

VII.5 EFFETS DOMINOS

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, une possibilité est que les effets de cet accident endommagent d'autres installations. Ces dommages peuvent conduire à un autre accident. Par exemple, la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité peut conduire à des fuites de canalisations de substances dangereuses. Ce phénomène est appelé « effet domino ».

Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques générique présenté ci-dessus.

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

Le Guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens (Mai 2012) propose 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.

Dans le cadre du projet de Verrières, aucune installation classée n'est identifiée dans un rayon de 100 m autour de chaque aérogénérateur. L'évaluation des effets dominos n'est donc pas nécessaire dans la présente étude.

VII.6 MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

La troisième étape de l'analyse préliminaire des risques consiste à identifier les barrières de sécurité installées sur les aérogénérateurs et qui interviennent dans la prévention et/ou la limitation des phénomènes dangereux et de leurs conséquences, listés dans le tableau précédent (Tableau 25 : Tableau d'analyse générique des risques).

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc de Verrières. 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 »).
Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance à travers les questions suivantes :
 - Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur.
 - Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ?
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
 - une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
 - une seconde mesure maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée.
- **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.

Note 1 : Pour certaines mesures de maîtrise des risques, certains de ces critères peuvent ne pas être applicables. Il convient alors de renseigner le critère correspondant avec l'acronyme « NA » (Non Applicable).

Note 2 : Certaines mesures de maîtrise des risques ne remplissent pas les critères « efficacité » ou « indépendance » : elles ont une fiabilité plus faible que d'autres mesures de maîtrise des risques. Celles-ci peuvent néanmoins être décrites dans le tableau ci-dessous dans la mesure où elles concourent à une meilleure sécurité sur le site d'exploitation.

Tableau 27 : Ensemble des fonctions 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 redondant de la formation de givre permettant de suspecter la formation de glace sur les pales. La formation de glace ou l'accumulation de neige sur les pales modifie leur comportement aérodynamique entraînant une modification du rendement énergétique. Un « écart » est constaté sur la courbe de puissance par rapport à la courbe théorique utilisée comme référentiel pour les dispositifs de contrôle. En cas de suspicion de présence de glace, les éoliennes sont arrêtées immédiatement, dans un délai de 60 minutes maximum. 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 détecte des conditions de givre.)		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 13 de l'arrêté du 22 juin 2020. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Signalisation (affichage de panneaux) sur les chemins d'accès aux éoliennes.  Exemple de pictogramme relatif au risque chute de glace Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux de signalisation sur les chemins d'accès aux éoliennes du risque de chute de glace (conformément à l'article 10 de l'arrêté du 22 juin 2020).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 % compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		

Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.
--------------------	---

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température sur pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Suivant ces seuils, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice		
Description	Tous les principaux composants (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur, circuit d'huile, circuit d'eau) sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne. En cas de dépassement de seuils, des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif), voire son arrêt. Tout phénomène anormal est automatiquement répertorié, tracé via le système SCADA de l'éolienne et donne lieu à des analyses, et si nécessaire, des interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine inférieure à une minute		
Efficacité	100 %		
Tests	Vérification lors des visites maintenance, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 13 de l'arrêté du 22 juin 2020. Maintenance préventive annuelle 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.		
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	Temps de détection inférieur à une minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 12 de l'arrêté du 22 juin 2020.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel (maintenance préventive annuelle) conformément à l'article 13 de l'arrêté du 22 juin 2020 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

Fonction de sécurité	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	L'éolienne est équipée d'un système de parafoudre (sur la nacelle et les pales) et satisfait au degré de protection défini dans la norme internationale IEC 61 400-24 (juin 2010). La foudre est capturée par des récepteurs sur les pales du rotor et déviée depuis le rotor vers le mât. Le courant de foudre est ainsi évacué dans le sol via des prises de terre de fondation. Des parasurtenseurs sont présents sur les circuits électriques afin de protéger les équipements des surtensions et des surintensités. Les anémomètres et balisage lumineux disposés sur le toit de la nacelle sont aussi protégés contre les coups de foudre directs (dispositifs reliés à la structure métallique de la nacelle, elle-même mise à la terre). A noter les éoliennes (rubrique 2980 de la législation des ICPE) ne sont pas soumises à une Analyse du Risque Foudre – ARF tel que définie dans l'arrêté du 15/01/2008 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat (dispositif passif)		
Efficacité	100 %		
Tests	La valeur de mise à la terre est contrôlée avant la mise en service du parc.		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011. Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive.		

Fonction de sécurité	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. Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru (UPS).		

	L'éolienne est également équipée d'extincteurs (un dans la nacelle et un au pied du mât) qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Inférieur à une 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 (conformément à l'arrêté du 26/08/2011). Le temps d'intervention des services de secours est, quant à lui, dépendant de la zone géographique.
Efficacité	100 %
Tests	Les détecteurs de fumée sont testés à la mise en service puis tous les ans. 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 13 de l'arrêté du 22 juin 2020. Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé. Maintenance corrective suite à une défaillance du matériel.

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. Des bacs de rétention empêchent l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes en cas de fuite. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert d'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 Mise en pause de la turbine inférieure à une minute		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile et vérification d'absence de fuite plusieurs fois par an. Inspection et maintenance corrective en fonction du type de déclenchement d'alarme.		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	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). Lors la fabrication et du montage des éoliennes, des contrôles sont effectués par des organismes de contrôle indépendants et certifiés (ex: DEKRA, APAVE, SOCOTEC, etc.).
Indépendance	Oui
Temps de réponse	15 à 60 secondes (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 Yam 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 13 de 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	Suivi des préconisations du manuel de maintenance. Le personnel de maintenance est qualifié ayant reçu une formation adaptée, respectant pour chaque opération les procédures établies dans le manuel de maintenance. L'exploitant s'attache également à assurer la sécurité du personnel d'intervention qui recevra une formation en vue d'assurer sa propre sécurité lors des interventions. Il sera notamment formé aux procédures d'évacuation en cas de risque avéré.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Les opérations de maintenance font l'objet d'un rapport permettant la réalisation d'un suivi.		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Inspection et suivi des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes		
Description	Toutes les pièces de l'éolienne sont protégées contre la corrosion et les autres influences néfastes de l'environnement au moyen d'un revêtement spécial à plusieurs couches. Des contrôles visuels sont réalisés lors des opérations de maintenance. Les données mesurées par les capteurs et les sondes présents dans l'éolienne sont suivies, enregistrées et traitées afin de détecter les éventuelles dégradations des équipements. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, une inspection de l'équipement potentiellement dégradé est réalisée.		

Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	Dégradation de l'état des équipements surveillée à chaque visite machine.
Maintenance	Lors de chaque visite sur site.

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	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 pales) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt (mise en drapeau) si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60 secondes suivant le programme de freinage		
Efficacité	100 %		
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	Tous les ans. Maintenance préventive du système pitch, notamment vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive du frein mécanique, 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	13
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 minutes, permettant l'arrêt automatique de l'éolienne.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	150 ms pour identifier une défaillance réseau 15 à 60 secondes 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.

VII.7 CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

À l'issue de l'analyse préliminaire des risques, seuls les scénarios d'accident dont l'intensité est telle que l'accident peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine, sont retenus.

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, 4 catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité. Ces derniers sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 28 : Scénarios exclus de l'étude détaillée des risques et justifications

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât, les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

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.

VIII. 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.

VIII.1 RAPPEL DES DEFINITIONS

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

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

Cet arrêté est complété par la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 (loi n° 2003-699 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages).

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.

VIII.1.1 CINETIQUE

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13], la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

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

VIII.1.2 INTENSITE

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13]).

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [13] caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène (pour des effets

de surpression, toxiques ou thermiques). Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

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

C'est pourquoi, pour chacun des événements accidentels retenus (chute d'éléments, chute de glace, effondrement, projection de pales ou de fragments de pales et projection de glace), 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.

Tableau 29 : Définition du degré d'exposition

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

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

VIII.1.3 GRAVITE

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.

Tableau 30 : Seuils de gravité

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 »

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

VIII.1.4 PROBABILITE

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

Tableau 31 : Classes de probabilité

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

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 de 2000 à 2019
- des définitions qualitatives de l'arrêté du 29 Septembre 2005

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

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

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

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

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

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

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

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

P_{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.

VIII.1.5 NIVEAU DE RISQUE

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

La matrice de criticité est définie par le croisement de la probabilité et de la gravité.

Tableau 32 : Matrice de criticité (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

Légende de la matrice :

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

Ainsi, la criticité de l'événement, définie à partir d'une cotation du couple probabilité-gravité, définit 3 zones :

- **En vert** : une zone pour laquelle les risques peuvent être qualifiés de moindre et donc acceptable, et l'événement est jugé sans effet majeur et nécessite pas de mesures particulières
- **En jaune** : une zone de risques intermédiaires, pour laquelle les mesures de sécurité sont jugées suffisantes et la maîtrise des risques concernés doit être assurée et démontrée par l'exploitant (contrôles appropriés pour éviter tout écart dans le temps)
- **En rouge** : une zone de risques élevés, qualifiés de non acceptable pour laquelle des modifications substantielles doivent être définies afin de réduire le risque à un niveau acceptable ou intermédiaire, par la démonstration de la maîtrise de ce risque.

VIII.2 CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

Le parc de Verrières est composé de 6 aérogénérateurs et de 3 postes de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de mât de 148m maximum au sens de la réglementation ICPE, et un diamètre de rotor de 164m maximum, soit une hauteur totale en bout de pale de 230m maximum.

Pour rappel : le constructeur et le modèle précis d'éolienne qui sera installé sur le parc de Verrières seront définis ultérieurement. La machine sera conforme aux dispositions de la norme NF EN 61400-1. À ce stade de développement, seul un gabarit de machine a été choisi, possédant une puissance maximale de 6,0MW. La puissance totale du parc éolien sera donc de 36 MW au maximum.

Les dimensions utilisées dans cette étude sont donc des dimensions « maximisantes », définies à partir de modèles existants, mais qui ne correspondent pas à un modèle précis d'aérogénérateur.

VIII.2.1 EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

VIII.2.1.1 ZONE D'EFFET

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit **230m au maximum** dans le cas des éoliennes du parc de Verrières.

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

VIII.2.1.2 INTENSITÉ

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

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

Les données utilisées sont les suivantes :

- **R** = longueur de la pale = 82 m
- **H** = hauteur du mât = 148m
- **L** = largeur du mât = 4,3 m
- **LB** = largeur de la base de la pale = 4,2 m

Tableau 33 : Intensité du scénario « 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 : 230m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = (H \times L) + (3 \times R \times LB/2)$ La zone d'impact est de 1 153 m ²	$Z_e = \pi \times (H+R)^2$ La zone d'effet est de 166 190 m ²	$D = Z_i/Z_e$ Le degré d'exposition est de 0,69 % (<1%)	Exposition modérée

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

VIII.2.1.3 GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

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

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

Tableau 34 : Gravité du scénario « 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 : 230m)			
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Total (personnes permanentes)	Gravité
E1	0,17 (terrains non aménagés)	0,26	Modéré
	0,09 (terrains aménagés peu fréquentés)		
E2	0,17 (terrains non aménagés)	1,05	Sérieux
	0,05 (terrains aménagés peu fréquentés)		
	0,83 (chemins de randonnée)		
E3	0,17 (terrains non aménagés)	0,26	Modéré
	0,09 (terrains aménagés peu fréquentés)		
E4	0,17 (terrains non aménagés)	0,22	Modéré
	0,05 (terrains aménagés peu fréquentés)		
E5	0,17 (terrains non aménagés)	0,22	Modéré
	0,05 (terrains aménagés peu fréquentés)		
E6	0,17 (terrains non aménagés)	0,21	Modéré
	0,04 (terrains aménagés peu fréquentés)		

Pour rappel, la méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur ainsi que la méthode de calcul 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.

VIII.2.1.4 PROBABILITE

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

Tableau 35 : Valeurs de la littérature pour la probabilité d'effondrement d'une éolienne

Source	Fréquence	Justification
Guide de zonage des éoliennes basé sur les risques [5]	$4,47 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Spécification des distances minimales [6]	$1,8 \times 10^{-4}$ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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

A fin 2011, le retour d'expérience français montre une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience¹, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté 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* ».

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

¹ 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.

machines récentes et permettent de réduire significativement la probabilité d'effondrement. Ces mesures de 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
- Système de batterie avec mise à l'arrêt et mise en sécurité.

A fin 2020, il a été recensé 4 effondrements pour des éoliennes de technologie récente (installation à partir de 2002 et puissance supérieure à 0,8 MW). Cela correspond à 4 effondrements pour 70 000 années d'expérience, soit une probabilité de $5,7 \times 10^{-5}$ par éolienne et par an soit une probabilité 7 fois plus faibles que le calcul de fin 2011.

Ces valeurs mises à jour correspondent à une classe de probabilité « D » selon l'arrêté du 29 septembre 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.

Aucun effondrement n'est recensé au niveau national pour des éoliennes mises en service après 2012.

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « D », à savoir : « *S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité* ».

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

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 ».

VIII.2.1.5 ACCEPTABILITE

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

Tableau 36 : Acceptabilité du scénario « 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 : 230m)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable

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



VIII.2.2 CHUTE DE GLACE

VIII.2.2.1 CONSIDERATIONS GENERALES

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

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

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

La température annuelle moyenne dans le secteur de Verrières 86 est de 11,7°C. On compte 40 à 60 jours de gel en moyenne par an dans le département de la Vienne 86.

VIII.2.2.2 ZONE D'EFFET

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien de Verrières, **la zone d'effet a donc un rayon de 82 mètres.**

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

VIII.2.2.3 INTENSITE

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 Verrières avec :

- Z_I = la zone d'impact
- Z_E = la zone d'effet
- R = la longueur de pale ($R = 82$ m)
- SG = est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1 \text{ m}^2$).

Tableau 37 : Intensité du scénario « Chute de glace »

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à un demi-diamètre de rotor en bout de pale : $D/2 = 82$ m)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$ La zone d'impact est de 1 m^2	$Z_E = \pi \times R^2$ La zone d'effet est de $21\,124 \text{ m}^2$	$d = Z_I / Z_E$ $d = 0,005 \% (< 1 \%)$	Exposition modérée

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

VIII.2.2.4 GRAVITE

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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

Tableau 38 : Gravité du scénario « Chute de glace »

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à un demi-diamètre de rotor en bout de pale : $D/2 = 82$ m)			
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Total (personnes permanentes)	Gravité
E1	0,02 (terrains non aménagés)	0,05	Modéré
	0,03 (terrains aménagés mais peu fréquentés)		
E2	0,02 (terrains non aménagés)	0,05	Modéré
	0,03 (terrains aménagés mais peu fréquentés)		
E3	0,02 (terrains non aménagés)	0,05	Modéré
	0,03 (terrains aménagés mais peu fréquentés)		
E4	0,02 (terrains non aménagés)	0,05	Modéré
	0,03 (terrains aménagés mais peu fréquentés)		

E5	0,02 (terrains non aménagés)	0,05	Modéré
	0,03 (terrains aménagés mais peu fréquentés)		
E6	0,02 (terrains non aménagés)	0,05	Modéré
	0,03 (terrains aménagés mais peu fréquentés)		

VIII.2.2.5 PROBABILITE

Le projet européen Wind Energy production in COld climates (WECO)², piloté par l'institut météorologique de Finlande, a établi une carte européenne des zones les plus exposées au givre. Il apparaît que le secteur concerné ne présente qu'un risque occasionnel. Cependant la conjonction observée des jours de gel et d'humidité à la station proche de Poitiers-Biard (86) indique un risque. De façon conservatoire, il est considéré que pour chaque jour où les conditions sont réunies pour la formation de glace sur un aérogénérateur, une chute de morceau de glace est possible. Cette hypothèse est simplificatrice dans la mesure où lors de ce type d'épisode, le cas de plusieurs chutes de glace et d'aucune chute de glace peut se présenter.

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

VIII.2.2.6 ACCEPTABILITE

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

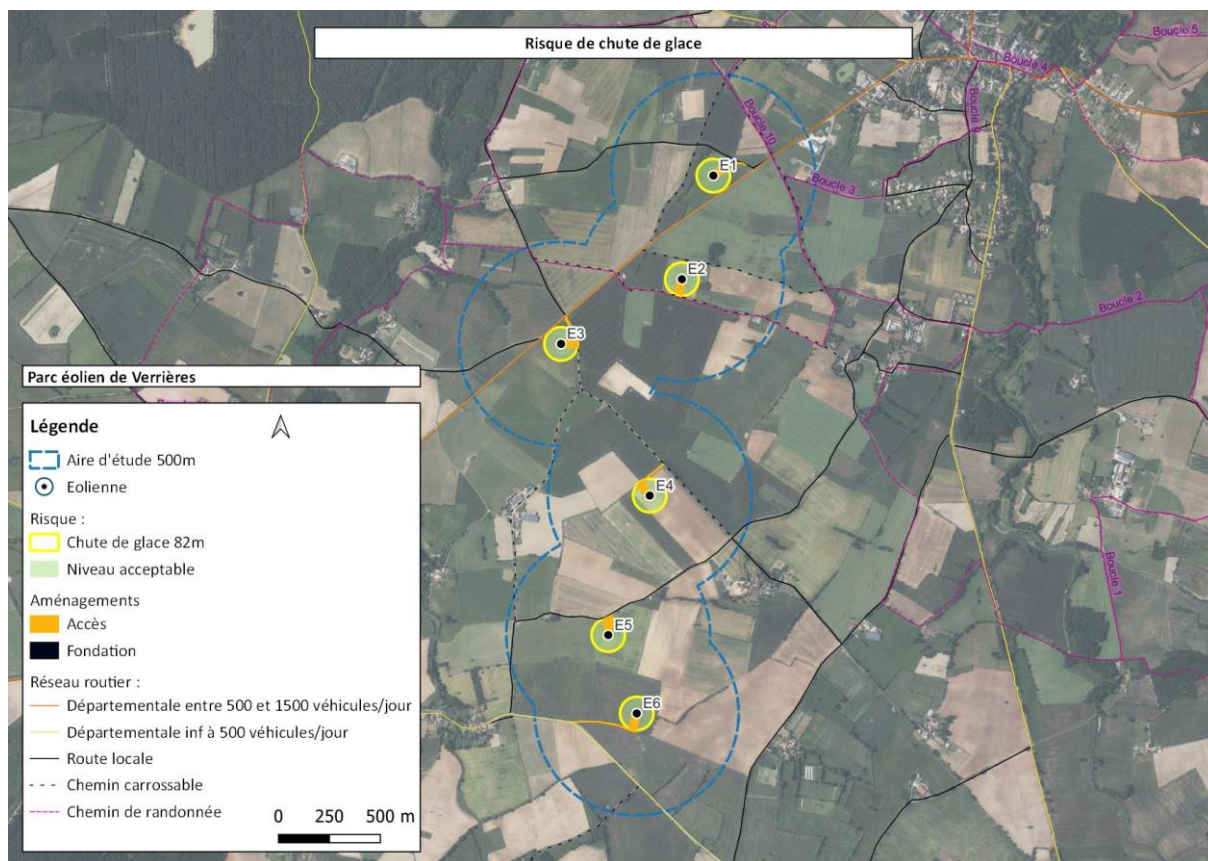
Tableau 39 : Acceptabilité du scénario « Chute de glace »

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à un demi-diamètre de rotor en bout de pale : D/2 = 82 m)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Verrières, 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 10 de 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.

² Source : Finnish meteorological institute



VIII.2.3 CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

VIII.2.3.1 ZONE D'EFFET

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne en projection verticale. Pour le parc éolien de Verrières, **la zone d'effet a donc un rayon de 82 mètres.**

VIII.2.3.2 INTENSITE

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 de Verrières avec :

- d = le degré d'exposition
- Z_I = la zone d'impact
- Z_E = la zone d'effet
- R = la longueur de la pale (R= 82 m)
- LB la largeur de la base de la pale (LB= 4,2 m).

Tableau 40 : Intensité du scénario « Chute d'éléments »

Chute d'éléments de l'éolienne
(dans un rayon inférieur ou égal à un demi-diamètre de rotor en bout de pale : $D/2 = 82$ m)

Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \cdot LB/2$ La zone d'impact est de 172 m ²	$Z_E = \pi \times R^2$ La zone d'effet est de 21 124 m ²	$d = Z_I/Z_E$ $d = 0,82 \% (< 1 \%)$	Exposition modérée

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

VIII.2.3.3 GRAVITE

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'élément de l'éolienne, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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

Tableau 41 : Gravité du scénario « Chute d'élément »

Chute d'élément d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à un demi-diamètre de rotor en bout de pale : D/2 = 82 m)			
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Total (personnes permanentes)	Gravité
E1	0,02 (terrains non aménagés)	0,05	Modéré
	0,03 (terrains aménagés mais peu fréquentés)		
E2	0,02 (terrains non aménagés)	0,05	Modéré
	0,03 (terrains aménagés mais peu fréquentés)		
E3	0,02 (terrains non aménagés)	0,05	Modéré
	0,03 (terrains aménagés mais peu fréquentés)		
E4	0,02 (terrains non aménagés)	0,05	Modéré
	0,03 (terrains aménagés mais peu fréquentés)		
E5	0,02 (terrains non aménagés)	0,05	Modéré
	0,03 (terrains aménagés mais peu fréquentés)		
E6	0,02 (terrains non aménagés)	0,05	Modéré
	0,03 (terrains aménagés mais peu fréquentés)		

VIII.2.3.4 PROBABILITE

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

A fin 2011, le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C ». En effet, 2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit $4,47 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an.

A fin 2020, il a été recensé 6 chutes et 21 incendies pour des éoliennes de technologie récente (installation à partir de 2002 et puissance supérieure à 0,8 MW). Cela correspond à 27 incidents de ce type pour 70 000 années d'expérience, soit une probabilité de $3,9 \times 10^{-4}$ par éolienne soit un niveau équivalent à celui de 2011.

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.

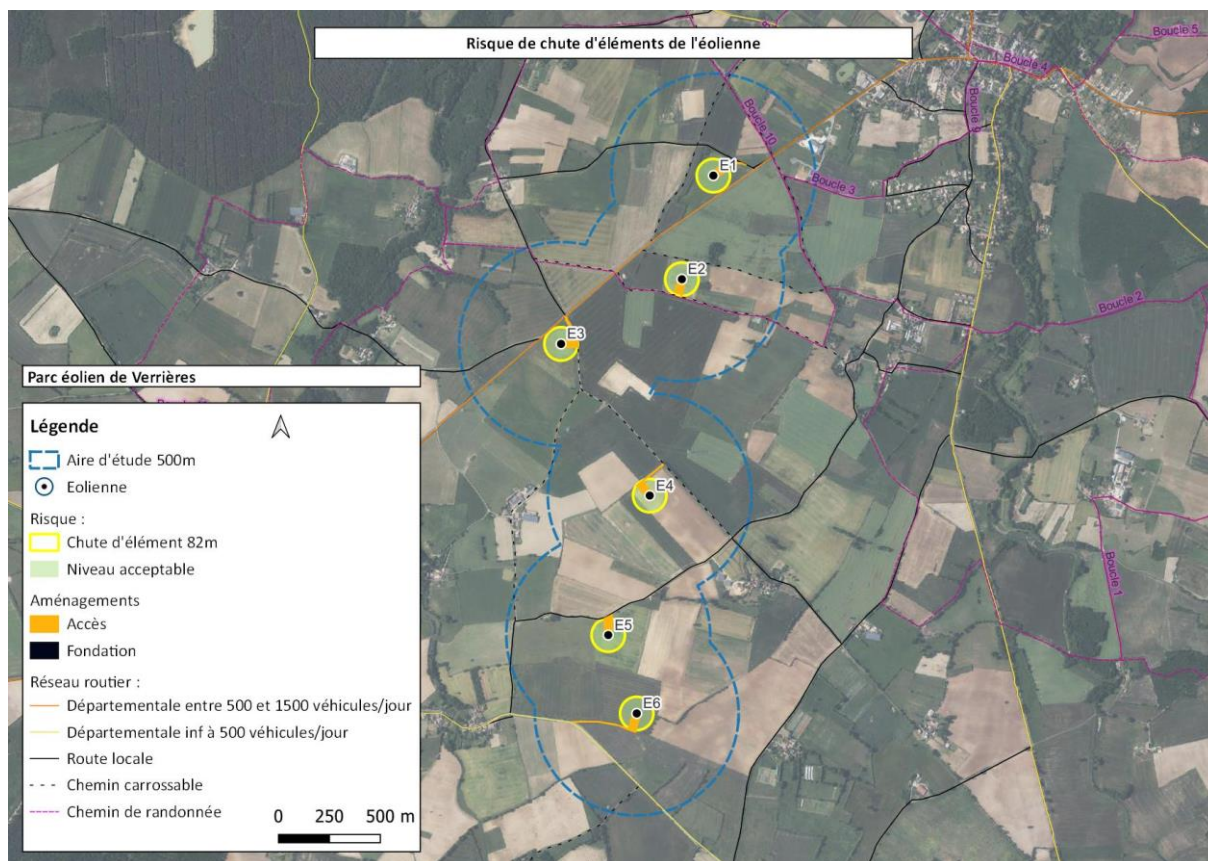
VIII.2.3.5 ACCEPTABILITE

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

Tableau 42 : Acceptabilité du scénario « Chute d'élément »

Chute d'élément d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à un demi-diamètre de rotor en bout de pale : $D/2 = 82$ m)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable

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



VIII.2.4 PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

VIII.2.4.1 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 éolienne [3] (cf. Annexe 7).

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études [5] et [6] (cf. Annexe 7).

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.

VIII.2.4.2 INTENSITE

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Verrières avec :

- d = le degré d'exposition
- Z_I = la zone d'impact
- Z_E = la zone d'effet

- R = la longueur de pale (R = 82 m)
- LB = la largeur de la base de la pale (LB = 4,2 m).

Tableau 43 : Intensité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale »

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \cdot LB / 2$ La zone d'impact est de 172 m ²	$Z_e = \pi \times 500^2$ La zone d'effet est de 785 398 m ²	$d = Z_i / Z_e$ $d = 0,02 \% (< 1 \%)$	Exposition modérée

VIII.2.4.3 GRAVITE

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

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

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

Tableau 44 : Gravité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale »

Projection de pale ou de fragments de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Total (personnes permanentes)	Gravité
E1	0,79 (terrains non aménagés)	22,01	Importante
	0,19 (terrains aménagés peu fréquentés)		
	19 (Zone d'activité)		
	2,04 (chemins et voies piétonnes)		
E2	0,79 (terrains non aménagés)	3,0	Sérieux
	0,13 (terrains aménagés peu fréquentés)		
	2,09 (chemins et voies piétonnes)		
E3	0,79 (terrains non aménagés)	2,3	Sérieux
	0,17 (terrains aménagés peu fréquentés)		
	1,34 (chemins et voies piétonnes)		
E4	0,79 (terrains non aménagés)	0,90	Modéré
	0,12 (terrains aménagés peu fréquentés)		
E5	0,79 (terrains non aménagés)	0,94	Modéré
	0,15 (terrains aménagés peu fréquentés)		
E6	0,79 (terrains non aménagés)	0,92	Modéré
	0,13 (terrains aménagés peu fréquentés)		

VIII.2.4.4 PROBABILITE

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

Tableau 45 : Valeurs de la littérature pour la probabilité de rupture de tout ou partie de pale

Source	Fréquence	Justification
Évaluation des risques spécifiques à un site pour un projet de parc éolien [4]	1×10^{-6}	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide de zonage des éoliennes basé sur les risques [5]	$1, 1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Spécification des distances minimales [6]	$6,1 \times 10^{-4}$	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

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

A fin 2011, le retour d'expérience français montre une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit $7,66 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an).

A fin 2020, il a été recensé 22 ruptures ou chutes de fragment ou de pale pour des éoliennes de technologie récente (installation à partir de 2002 et puissance supérieure à 0,8 MW). Cela correspond à 22 incidents pour 70 000 années d'expérience, soit une probabilité de $3,1 \times 10^{-4}$ par éolienne et un niveau deux fois plus faible que celui de 2011.

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

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

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

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

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

Trois ruptures ou chutes de pale sont recensées au niveau national pour des éoliennes mises en service après 2011.

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 ».

VIII.2.4.5 ACCEPTABILITE

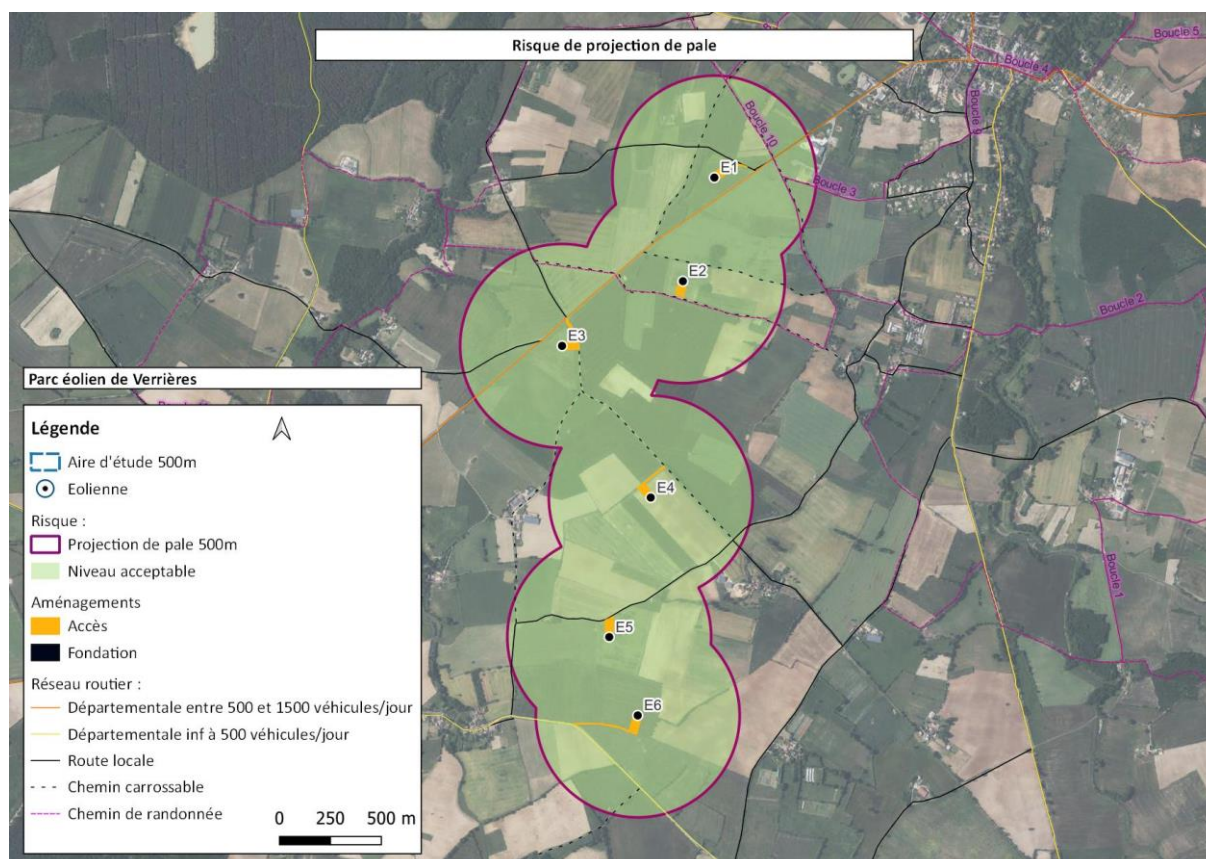
Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Verrières, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 46 : Acceptabilité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale »

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque

E1	Important	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable

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



VIII.2.5 PROJECTION DE GLACE

VIII.2.5.1 ZONE D'EFFET

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

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

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

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures [17]. A défaut de données fiables et bien que les éoliennes du parc de Verrières seront équipées de système d'arrêt en cas de givre ou de

glace (cf. fonction de sécurité n°1), il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace, soit une **distance de 468 m pour les aérogénérateurs**.

VIII.2.5.2 INTENSITE

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien de Verrières, avec :

- d = le degré d'exposition
- Z_I = la zone d'impact
- Z_E = la zone d'effet
- R = la longueur de pale (R = 82 m)
- Hm = la hauteur au moyeu (Hm= 148 m)
- SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Tableau 47 : Intensité du scénario « Projection de glace »

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $1,5 \times (Hm+2R)$ autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m²	Zone d'effet du phénomène étudié en m²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$ La zone d'impact est de 1 m²	$Z_E = \pi \times (1,5 \times (Hm+2R))^2$ La zone d'effet est de 688 084 m²	$d = Z_I / Z_E$ $d = 0,0001 \% (< 1 \%)$	Exposition modérée

VIII.2.5.3 GRAVITE

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

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

Il a été observé dans la littérature disponible [17] qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.

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 :

Tableau 48 : Gravité du scénario « Projection de glace »

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $1,5 \times (H + 2R)$ autour de l'éolienne)			
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Total (personnes permanentes)	Gravité
E1	0,69 (terrains non aménagés)	21,60	Important
	0,16 (terrains aménagés peu fréquentés)		
	1,76 (chemins et voies piétonnes)		
	19 (zone d'activité)		
	0,69 (terrains non aménagés)		

E2	0,21 (terrains aménagés peu fréquentés)	2,73	Sérieux
	01,92 (chemins et voies piétonnes)		
E3	0,69 (terrains non aménagés)	2,06	Sérieux
	0,17 (terrains aménagés peu fréquentés)		
E4	1,20 (chemins et voies piétonnes)	0,79	Modéré
	0,69 (terrains non aménagés)		
E5	0,10 (terrains aménagés peu fréquentés)	0,81	Modéré
	0,69 (terrains non aménagés)		
E6	0,12 (terrains aménagés peu fréquentés)	0,88	Modéré
	0,69 (terrains non aménagés)		
	0,11 (terrains aménagés peu fréquentés)		

VIII.2.5.4 PROBABILITE

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

- les mesures de prévention de projection de glace imposées par l'arrêté du 26 août 2011 ;
- le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace ;
- l'équipement de chaque éolienne d'un système de détection de glace ;
- l'arrêt des éolienne en cas de givre
- les températures moyennes minimales annuels sont supérieurs à 0°C

Une probabilité forfaitaire « D –S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité » est proposé pour cet événement.

VIII.2.5.5 ACCEPTABILITE

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

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

Tableau 49 : Acceptabilité du scénario « Projection de glace »

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 1,5 x (H +2R) autour de l'éolienne)			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E1	Important	Oui	Acceptable
E2	Sérieux	Oui	Acceptable
E3	Sérieux	Oui	Acceptable
E4	Modéré	Oui	Acceptable
E5	Modéré	Oui	Acceptable
E6	Modéré	Oui	Acceptable

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



VIII.3 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

VIII.3.1 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.

Tableau 50 : Synthèse des scénarios étudiés

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (230m)	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ³	Sérieux pour E2 Modéré pour E1, E3, E4, E5, E6.
Chute de glace	Zone de survol (82 m)	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré pour toutes les éoliennes
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol (82 m)	Rapide	Exposition modérée	C	Modéré pour toutes les éoliennes

³ Voir paragraphe VIII.2.1.4

Projection de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ⁴	Important pour E1 Sérieux pour E2 et E3. Modéré pour les éoliennes E4, E5 et E6
Projection de glace	468 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	Important pour E1 Sérieux pour E2 et E3. Modéré pour les éoliennes E4, E5 et E6

Remarque : les événements redoutés centraux étudiés ci-avant ne concernent que la phase d'exploitation du parc. En phase de construction et de remise en état, seul le personnel de chantier intervenant peut-être sous influence d'un effondrement d'éolienne ou d'une chute d'un élément ou d'un morceau de glace. Les riverains ne peuvent être soumis à ces dangers hors phase d'exploitation compte-tenu de la distance des habitations.

VIII.3.2 SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

Pour conclure à l'acceptabilité, la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus sera utilisée. Le classement des scénarios étudiés y a été intégré.

Tableau 51 : Matrice de criticité (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		Projection de glace pour E1			
		Projection de pale ou de fragments de pale pour E1			
Sérieux		Projection de glace pour E2 et E3			
		Effondrement de l'éolienne E2			
		Projection des pales ou de fragments de pales pour E2 et E3			

⁴ Voir paragraphe VIII.2.4.4

Modéré		Projection de glace E4, E5, E6 Effondrement de l'éolienne sauf (E2) Projection des pales ou de fragments de pales E4,E5,E6	Chute d'éléments d'une éolienne		Chute de glace
--------	--	--	------------------------------------	--	----------------

Légende de la matrice :

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- Aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice, il y en a donc aucun avec un risque non acceptable
- 2 accidents (chute de glace et projection de glace ou de pale (pour l'éolienne E1) possèdent un risque faible (case jaune). Pour ces accidents, il convient de souligner que le choix d'aérogénérateurs de technologie récente et les fonctions de sécurité détaillées dans le paragraphe VII. 6 sont mises en œuvre et suffisent à rendre le risque acceptable.

L'étude conclut à l'acceptabilité du risque généré par le parc éolien de Verrières. En effet, le risque associé à chaque événement redouté central étudié est acceptable, quelle que soit l'éolienne considérée du parc (éoliennes E1 à E6).

VIII.3.3 CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Une cartographie de synthèse des risques est proposée pour chaque aérogénérateur. Elle met en évidence les éléments suivants :

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

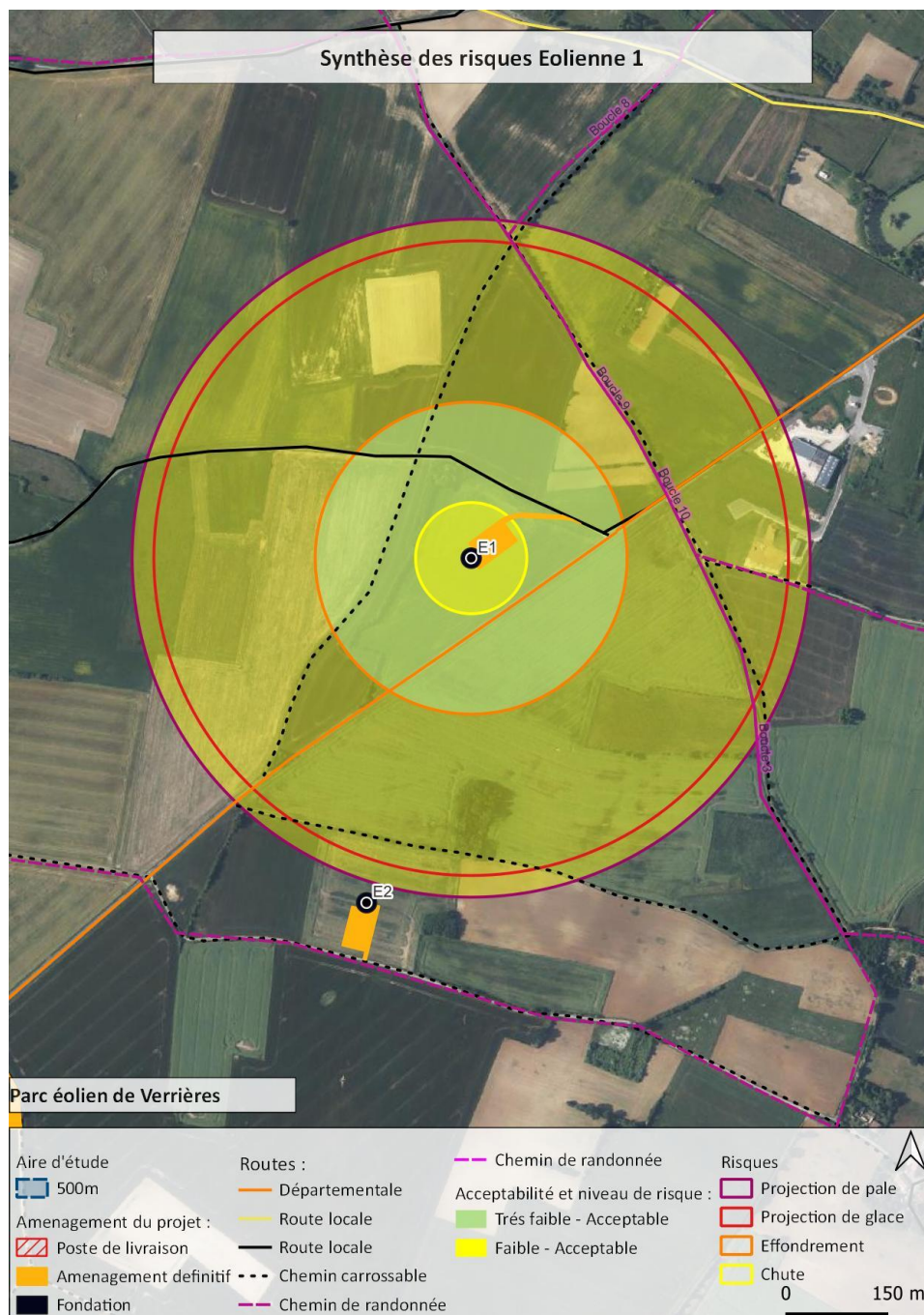


Tableau 52 : Récapitulatif des risques étudiés pour E1

E1	Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection de pale	Projection de glace
Zone d'effet	230m	82 m	82 m	500 m	468 m
Nombre de personnes permanentes exposées	0,26	0,05	0,05	22,01	21,6
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Modéré	Modéré	Modéré	Importante	Importante
Acceptabilité et niveau du risque	Acceptable Très faible	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Faible	Acceptable Faible

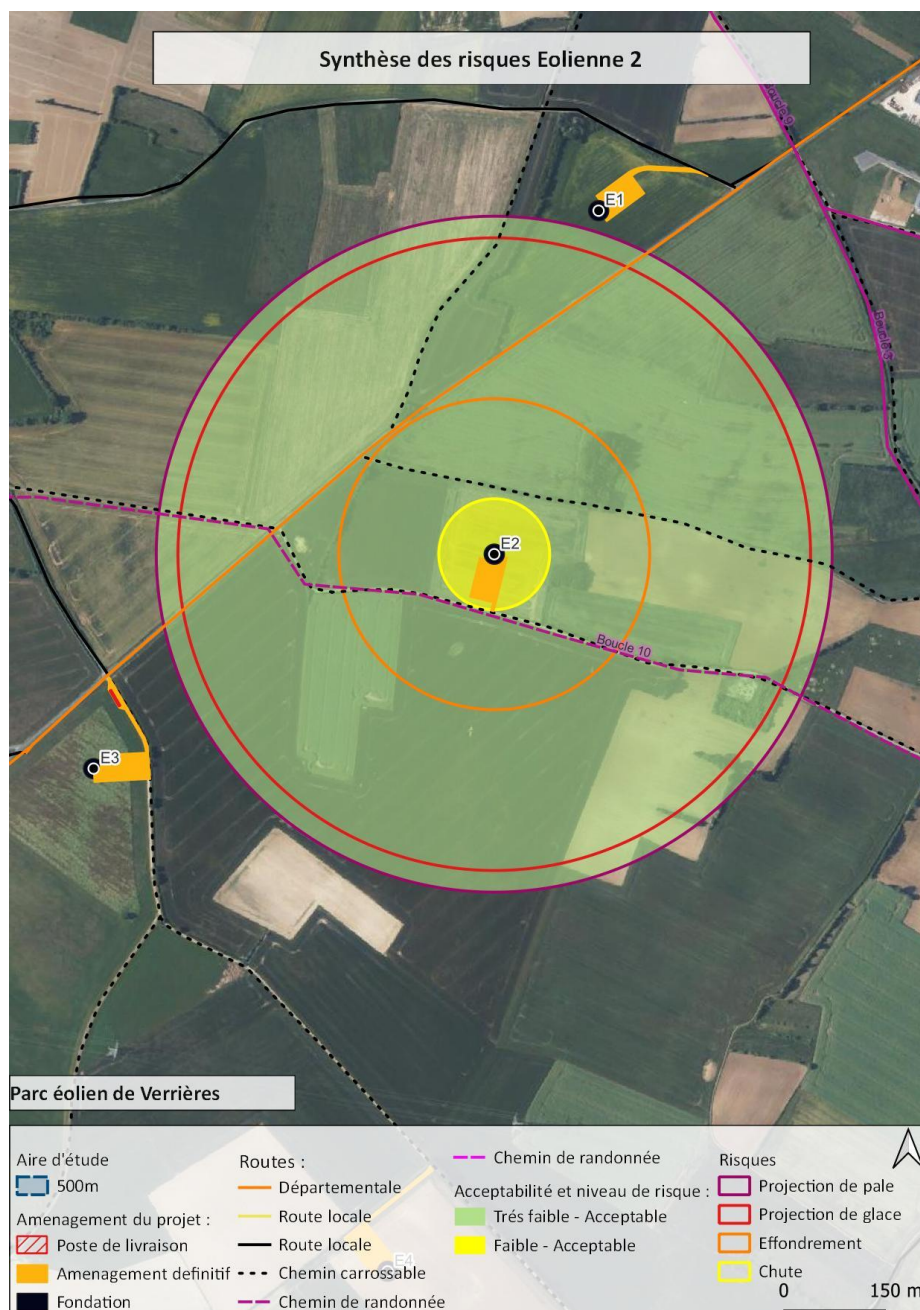


Tableau 53 : Récapitulatif des risques étudiés pour E2

E2	Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection de pale	Projection de glace
Zone d'effet	230m	82 m	82 m	500 m	468 m
Nombre de personnes permanentes exposées	1,05	0,05	0,05	3	2,73
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Sérieux	Modéré	Modéré	Sérieux	Sérieux
Acceptabilité et niveau du risque	Acceptable Très faible	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible



Tableau 54 : Récapitulatif des risques étudiés pour E3

E3	Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection de pale	Projection de glace
Zone d'effet	230m	82m	82 m	500 m	468 m
Nombre de personnes permanentes exposées	0,26	0,05	0,05	2,3	2,06
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Modéré	Modéré	Modéré	Sérieux	Sérieux
Acceptabilité et niveau du risque	Acceptable Très faible	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très Faible

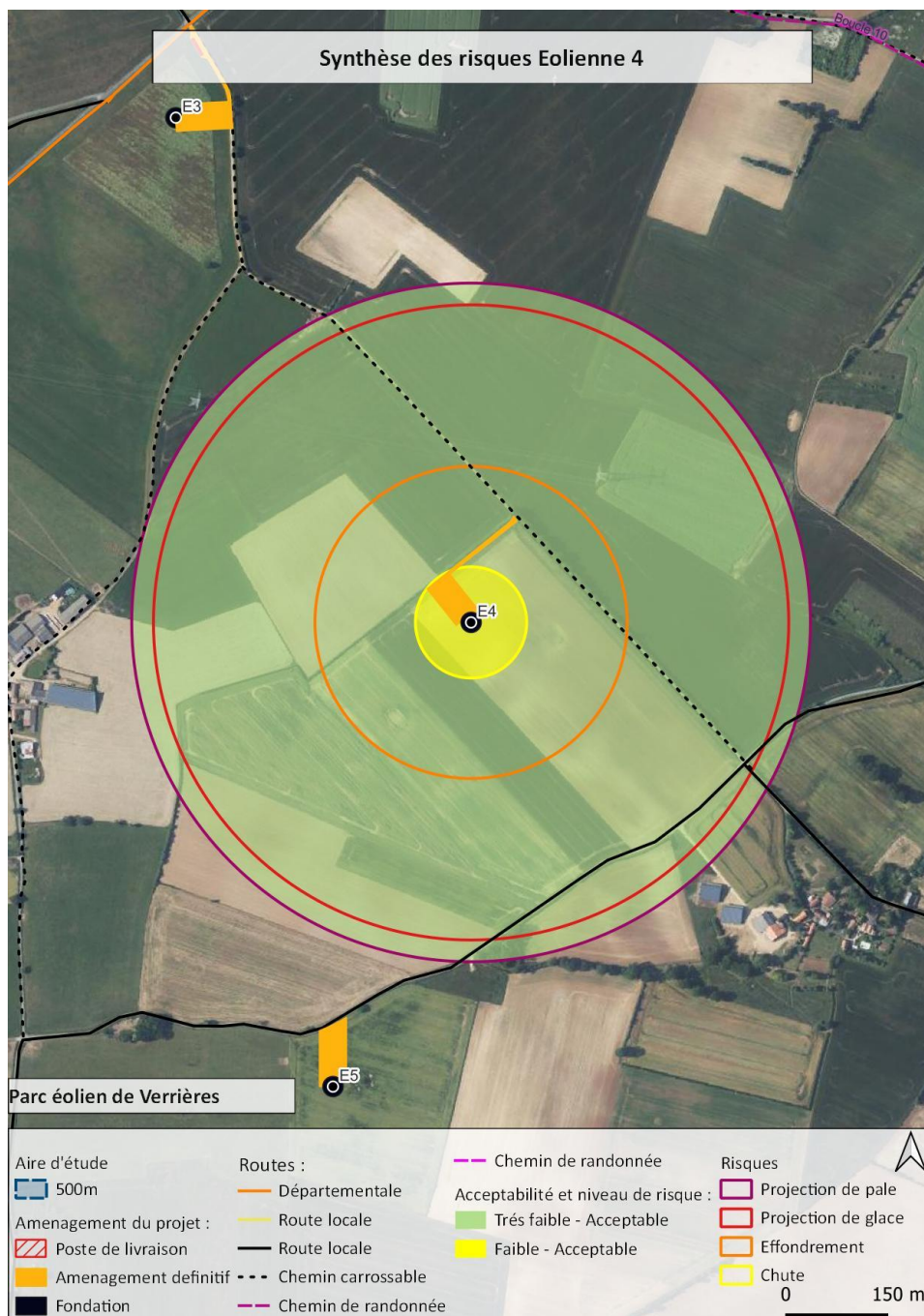


Tableau 55 : Récapitulatif des risques étudiés pour E4

E4	Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection de pale	Projection de glace
Zone d'effet	230m	82m	82 m	500 m	468 m
Nombre de personnes permanentes exposées	0,22	0,05	0,05	0,90	0,79
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Modéré	Modéré	Modéré	Modéré	Modéré
Acceptabilité et niveau du risque	Acceptable Très faible	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible

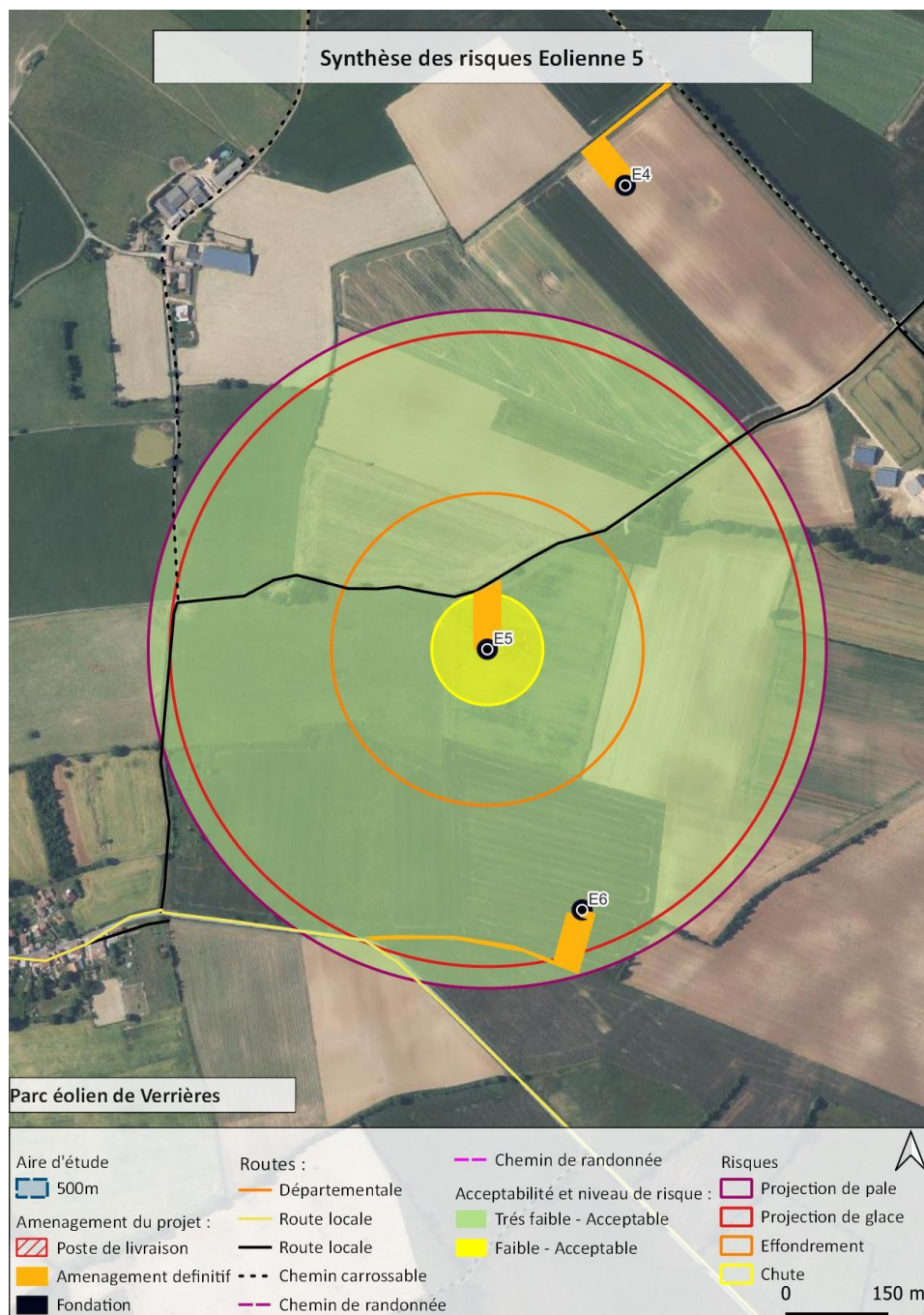


Tableau 56 : Récapitulatif des risques étudiés pour E5

E5	Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection de pale	Projection de glace
Zone d'effet	230m	82 m	82 m	500 m	468 m
Nombre de personnes permanentes exposées	0,22	0,05	0,05	0,94	0,81
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Modéré	Modéré	Modéré	Modéré	Modéré
Acceptabilité et niveau du risque	Acceptable Très faible	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible

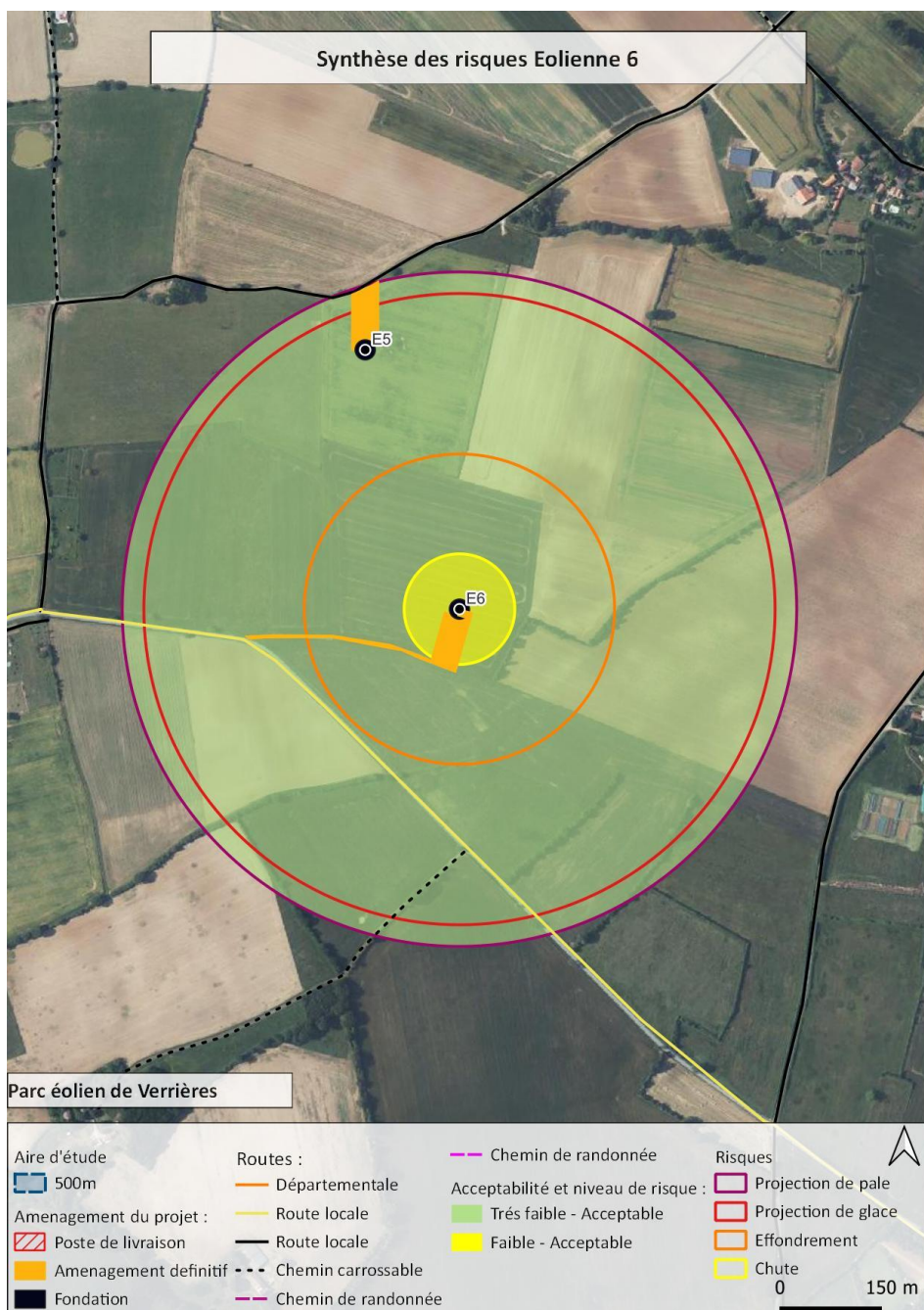
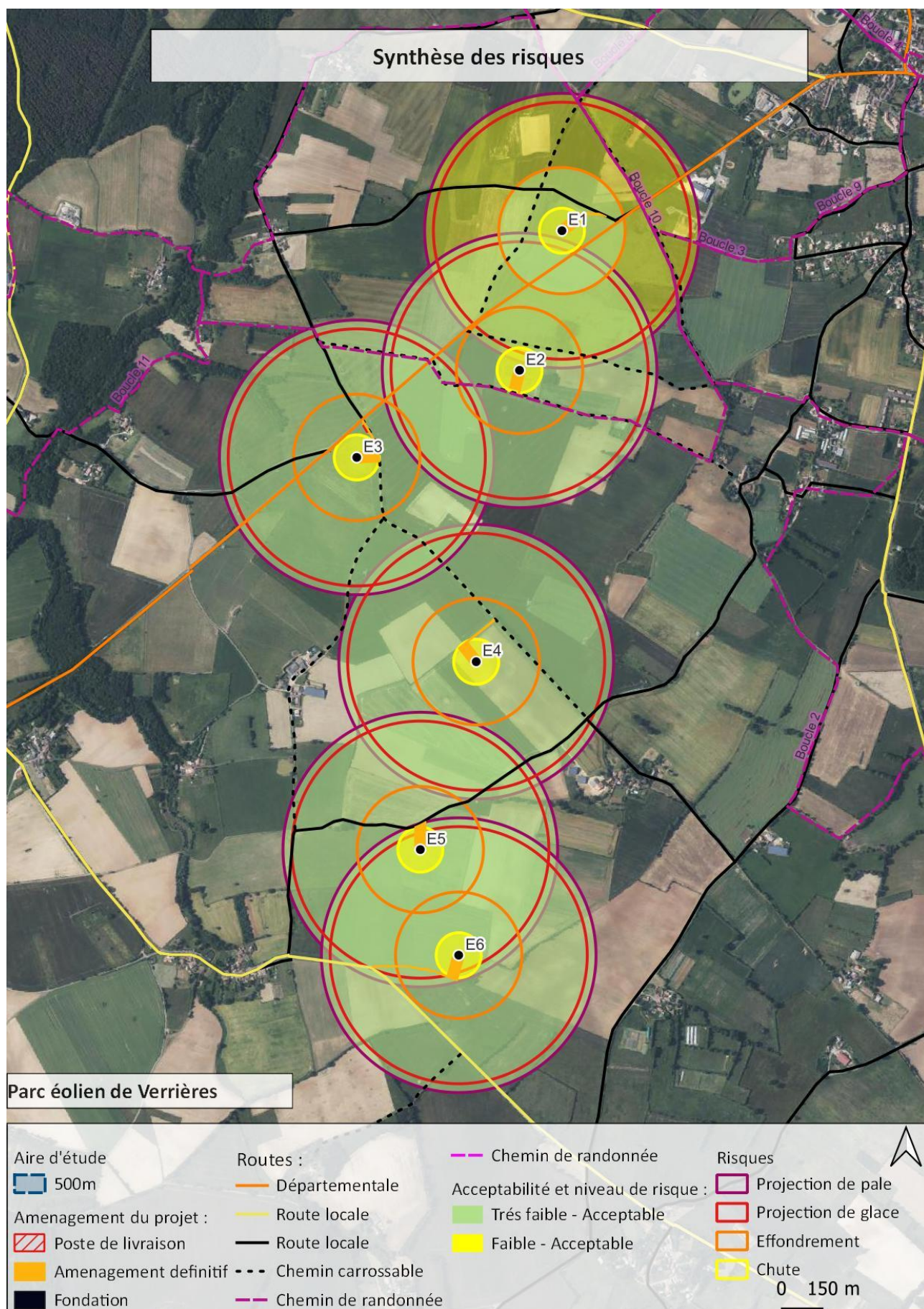


Tableau 57 : Récapitulatif des risques étudiés pour E6

E6	Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection de pale	Projection de glace
Zone d'effet	230m	82 m	82 m	500 m	468 m
Nombre de personnes permanentes exposées	0,21	0,05	0,05	0,92	0,88
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Modéré	Modéré	Modéré	Modéré	Modéré
Acceptabilité et niveau du risque	Acceptable Très faible	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible



IX. CONCLUSION

L'étude de dangers permet de conclure à l'acceptabilité de l'ensemble des risques générés par le parc éolien de Verrières, car le risque associé à chaque événement redouté central étudié, quelle que soit l'éolienne considérée, est acceptable, et ce malgré une approche probabiliste très conservatrice. En effet, l'analyse détaillée des risques s'est portée sur un nombre réduit, compte tenu d'une démarche préventive et proportionnée aux enjeux du site et de l'installation considérée.

Cette démarche tient compte de :

- L'environnement humain, naturel et matériel, qui ici présente des enjeux réduits à l'utilisation des abords de chaque éolienne à des usages agricoles (terrains non aménagés et peu fréquentés) et des voiries secondaires ;
- La mise en place de mesures de sécurité pour répondre aux différents risques examinés (dispositions constructives et d'exploitation de maintenance et de risques notamment, en conformité avec la réglementation ICPE afférente et notamment l'arrêté du 26 août 2011).

L'étude de dangers a ainsi permis de recenser l'ensemble des infrastructures et des activités présentes dans l'aire d'étude, définie dans un rayon de 500 m des éoliennes, ainsi que de rendre compte de la démarche de conception du projet de parc éolien, et d'analyse des différents risques engendrés.

En effet, l'analyse des risques liés aux installations et équipements du site est basée sur un recensement des accidents possibles, sur de l'évaluation de leurs conséquences, de leur probabilité de se réaliser en prenant en compte les moyens de secours et de prévention adaptés notamment à la vitesse d'apparition de l'accident.

Ainsi, parmi les principaux accidents majeurs identifiés, les scénarios retenus pour l'étude détaillée des risques sont :

- L'effondrement d'une éolienne, dont la probabilité d'occurrence est faible et la gravité sérieuse
- La chute de glace, dont la probabilité d'occurrence est fréquente et la gravité modérée
- La chute d'élément d'une éolienne, dont la probabilité d'occurrence et la gravité sont modérées
- La projection de pale ou de fragments de pale, dont la probabilité d'occurrence est faible et la gravité modérée à sérieuse
- La projection de glace, dont la probabilité d'occurrence est faible et la gravité modérée.

Comme le montre la carte précédente, aucun accident ne possède un niveau de risque important. Les résultats obtenus indiquent que les niveaux de risque de tous les scénarios sont très faibles à faibles et considérés « acceptables ». Les zones d'effet sont limitées à un rayon maximal de 500 m (projection de pale). Aucune habitation ou activité n'est impactée.

Un ensemble de mesures de sécurité sera mis en œuvre par l'exploitant du parc éolien de Verrières, afin de prévenir, voire limiter les conséquences de ces accidents potentiels :

- Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace
- Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace
- Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques
- Prévenir la survitesse
- Prévenir les courts-circuits
- Prévenir les effets de la foudre
- Protection et intervention incendie
- Prévention et rétention des fuites
- Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation)
- Prévenir les erreurs de maintenance
- Prévenir la dégradation de l'état des équipements
- Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort

Ces mesures de sécurité sont suffisantes pour garantir un risque acceptable pour l'ensemble des phénomènes dangereux retenus.

Cette étude de dangers a donc démontré que l'exploitation du parc éolien de Verrières, réalisée dans le respect de la réglementation en vigueur, et notamment l'arrêté du 26 août 2011, présente des risques globalement très faibles, limités et acceptables.

X. RESUME NON TECHNIQUE

Le résumé non technique de la présente étude de dangers est présenté à la suite du présent document.

ANNEXE 1 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE

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

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

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

TERRAINS NON BATIS

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

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

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

VOIES DE CIRCULATION

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

VOIES DE CIRCULATION AUTOMOBILES

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

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

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

VOIES FERROVIAIRES

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

VOIES NAVIGABLES

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

CHEMINS ET VOIES PIETONNES

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

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

LOGEMENTS

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

ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

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

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

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

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

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

ZONES D'ACTIVITE

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.

METHODE DE CALCUL

Les éoliennes se situent sur des terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts...). Dans cette zone, selon les règles méthodologiques applicables aux études de dangers comme vu ci-dessus, le nombre de personnes exposées N dans la zone d'effet est de 1 personne par tranche de 100 ha.

Il existe également une faible surface occupée par les voiries non structurantes. Ici, le nombre de personnes exposées N dans la zone d'effet est de 1 personne par tranche de 10 ha ; on considèrera une largeur moyenne de 5 m pour les voiries afin d'être majorant.

La méthode de calcul est expliquée ci-dessous pour le scénario effondrement uniquement mais qu'elle s'applique de la même manière pour tous les autres scénarios.

EXEMPLE POUR LE SCENARIO D'EFFONDREMENT

Tableau 58 : Nombre de personnes exposées par secteur par éolienne

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale : 230m)				
Eolienne	Superficies concernées par la zone d'effet			Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)
	Terrains non aménagés en ha (1 pers. / 100 ha)	Terrains aménagés peu fréquentés en ha (1 pers. / 10 ha)	Chemins et voies piétonnes en km (2 pers. / km)	
E1	16,62 ha (1) 0,17 (2)	0,9 ha (3) 0,09 (4)	-	0,26
E2	16,62 ha 0,17	0,5 ha 0,05	0,415 km 0,83 (5)	1,05
E3	16,62 ha 0,13	0,9 ha 0,09	-	0,26 (6)
E4	16,62 ha 0,17	0,5 ha 0,05	-	0,22
E5	16,62 ha 0,17	0,55 ha 0,05	-	0,22
E6	16,62 ha 0,17	0,4 ha 0,04	-	0,21

- (1) : pour obtenir ce chiffre on calcule la superficie du champ autour de l'éolienne dans un rayon de 230 m : $230^2 \times \pi = 166\,190,25 \text{ m}^2 = 16,62 \text{ ha}$
- (2) : on compte ici 1 personne par tranche de 100 ha, on fait donc le calcul suivant pour obtenir le nombre de personnes permanentes : $16,62/100 = 0,17$
- (3) : pour obtenir ce chiffre on calcule la surface occupée par les routes non structurantes type voie communale ou chemin rural dont le trafic est inférieur à 2000 véhicules par jour (dans un rayon de 230 m autour de l'éolienne ici) : longueur*largeur = $1191 \times 5 = 5955 \text{ m}^2 = 0,60 \text{ ha}$. On additionne à cela la surface des aménagements du projet.
- (4) : on compte ici 1 personne par tranche de 10 ha, on fait donc le calcul suivant pour obtenir le nombre de personnes permanentes : $0,9/10 = 0,09$
- (5) : on compte ici 2 personnes pour 1 km, on fait donc le calcul suivant pour obtenir le nombre de personnes permanentes : $2 \times 0,415 = 0,83$
- (6) : pour obtenir ce chiffre il suffit d'additionner le nombre de personnes permanentes (bleu) : $0,137 + 0,05 = 0,26$

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. Les dernières lignes (en bleu) ont été ajoutées suite à la consultation en novembre 2023 de la base de données ARIA. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et 2023. L'analyse de ces données est présentée dans le paragraphe VI de la présente étude de dangers. Les éoliennes de technologie récentes sont celles installées à partir de 2002 et d'une puissance supérieure à 0,8 MW.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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	01/11/2000	Port la Nouvelle – Sigean	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	-
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
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)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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	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	Base de données ARIA (42882) Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
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)	-
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales	-	Site Vent de Colère	Information peu précise
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 (26119) Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA (29388) 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	Une pale de l'une des 5 éoliennes d'un parc se brise en heurtant le mat	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Base de données ARIA (42887) Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Base de données ARIA (42889) 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	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 (29385) 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	Base de données ARIA (42891) Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Non	Acte de malveillance : explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Base de données ARIA (42909) 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)	Base de données ARIA (42895) Article de presse (La Voix du Nord)	-
Chute 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	Techno-logie 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	02/03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Non	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Base de données ARIA (43107) Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Oui	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.	Base de données ARIA (42896) Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballlement	10/03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballlement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA (34340)	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Base de données ARIA (42884) Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Chute 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	Base de données ARIA (42904) 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	Base de données ARIA (43109) Dépêche AFP 28/08/2008	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale	-	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA (35814)	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 ?	Base de données ARIA (42906) Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA (37601) 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)
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballlement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Base de données ARIA (38999) Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.	-	Base de données ARIA (29464) 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
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Base de données ARIA (41578) Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Aisne	2,5	2007	Oui	Arc électrique (690V) pendant une opération de maintenance dans la nacelle. Blessure de deux sous-traitants (grave et léger : brûlures au visage et aux mains) Les victimes portaient leurs EPI lors des faits.	-	Base de données ARIA (41628)	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	Techno-logie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	11/04/2012	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Non	Mise en arrêt automatique d'une éolienne puis défaut de vibration. Présence d'un impact sur le mât et projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Périmètre de sécurité de 100 m.	Foudre	Base de données ARIA (43841)	-
Chute de pale	18/05/2012	Fresnay l'Evêque	Eure et Loire	2	2008	Oui	Chute d'une pale au pied de l'éolienne et rupture du roulement qui raccordait la pale au moyeu	Défaillance technique (corrosion)	Base de données ARIA (42919)	-
Effondrement	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. Aérogénérateur à l'arrêt pour réparations au moment des faits	Rafales de vent à 130 km/h	Base de données ARIA (43110)	-
Chute d'élément	01/11/2012	Vieillespese	Cantal	2,5	2011	Oui	Projection d'un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc	-	Base de données ARIA (43120)	-
Incendie	05/11/2012	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Non	Départ de feu en pied d'éolienne, et propagation de court-circuit entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Mise en place d'un balisage de sécurité. Chute de pale et incendie de 80 m² de garrigue environnante	Dysfonctionnement de l'armoire électrique	Base de données ARIA (43228)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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	06/03/2013	Conihac-de-la-Montagne	Aude	0,66	2001	Non	Chute d'une pale liée à un problème de fixation entraînant un arrêt automatique de l'éolienne (détection d'échauffement + vitesse de rotation excessive). Périmètre de sécurité de 30 m au pied de l'éolienne.	-	Base de données ARIA (43576)	-
Incendie	17/03/2013	Euvy	Marne	2,5	2011	Oui	Départ de feu dans la nacelle d'une éolienne conduisant à la chute d'une pale et une fuite de 450L d'huile en provenance du multiplicateur. Mise en place d'un périmètre de sécurité de 150 m. L'origine du feu est liée à une défaillance électrique. Le feu a été maîtrisé en 1 heure	Défaillance électrique	Base de données ARIA (43630)	-
Rupture de pale	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	Ardèche	0,9	2008	Oui	Déchirure de 6 m de longueur sur une pale. Destruction du boîtier basse tension et du parafoudre en tête d'installation au poste de livraison et endommagement des installations du réseau électrique et téléphonique. Mise en place d'un périmètre de sécurité.	Foudre	Base de données ARIA (45016)	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Maintenance	01/07/2013	Cambon-et-Salvergues	Hérault	1,3	2006	Non	Blessure d'un opérateur de maintenance par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient (accumulateur sous pression). Ses voies respiratoires ont également été atteintes lors de l'accident	Défaillance organisationnelle	Base de données ARIA (44150)	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	Techno-logie 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
Fuite d'huile	03/08/2013	Moreac	Morbihan	2	2010	Oui	Fuite de 270 L d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance. Pollution de 80 m² de sol.	Perte de confinement, étanchéité (sans rupture)	Base de données ARIA (44197)	-
Incendie	09/01/2014	Anthény	Ardennes	2,5	2013	Oui	Départ de feu sur la partie moteur d'une éolienne. Isolation électrique du parc, mise en place d'un périmètre de sécurité de 300 m. Le feu s'est éteint de lui-même, sans se propager. Destruction de la nacelle impliquant le démantèlement de l'éolienne.	Incident électrique ?	Base de données ARIA (44831)	-
Chute de pale	20/01/2014	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Non	Chute de pale de 20 m au pied du mât de l'éolienne suite à un défaut de vibration. Périmètre de sécurité de 100 m établi autour de l'éolienne.	Défaillance technique	Base de données ARIA (44870)	-
Chute de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	2,05	2011	Oui	Chute d'une pale au pied d'une éolienne lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. Projection de certains débris à 150 m. Mise en place d'un périmètre de sécurité et fermeture de la voie d'accès.	Tempête	Base de données ARIA (45960)	-
Rupture de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	1,3	2002	Oui	Bris de pale : une des 2 parties de l'aérofrein (3 m de long) est retrouvée à 80 m du mât. La deuxième partie est toujours sur la pale. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de la pale).	Défaillance matérielle	Base de données ARIA (46030)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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	29/01/2015	Remigny	Aisne	2,3	2015	Oui	Départ de feu dans une éolienne en phase de test. Dommages matériels sont estimés à 150 k€.	Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance provoquant un arc électrique	Base de données ARIA (46304)	-
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	2	2011	Oui	Départ de feu au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens.	-	Base de données ARIA (46237)	-
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loir	2,5	2007	Oui	Départ de feu sur le moteur d'une éolienne à 90 m de hauteur	-	Base de données ARIA (47062)	-
Chute de pale	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	1,5	2007	Oui	Chute des 3 pales et du rotor d'une éolienne. Endommagement du transformateur électrique à son pied. Débris disséminés sur 4 000 m². Sécurisation de la zone.	Défaut de fabrication de l'arbre lent	Base de données ARIA (47377)	-
Rupture de pale	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	2,3	2014	Oui	Rupture et chute de l'aérofrein d'une des 3 pales. Aucun blessé et aucun dégât matériel.	Rupture du point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein	Base de données ARIA (47675)	-
Chute de pale	08/02/2016	Dinéault	Finistère	0,3	1999	Non	Chute de pale lors d'une tempête (vents à 160 km/h), une autre se déchire. Pale rompue retrouvée à 40 m du pied du mat. Mise en place d'un périmètre de sécurité de 500 m.	Tempête	Base de données ARIA (47680)	-
Chute de pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes-d'Armor	0,8	2009	Oui	Rupture et chute d'une des pales d'une éolienne à 5 m du pied du mât. Arrêt automatique de la turbine et balisage de la zone. Endommagement du mât dans sa partie haute. Projection de gros débris sur 50 m.	Rupture du système d'orientation	Base de données ARIA (47763)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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
Fuite d'huile	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loir	2,3	2005	Non	Écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Mise à l'arrêt et utilisation d'adsorbants. La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite.	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne	Base de données ARIA (48264)	-
Incendie	10/08/2016	Hescamps	Somme	1,2	2008	Oui	Départ de feu au niveau du rotor d'une éolienne. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Intoxication légère par les fumées	Défaillance électrique	Base de données ARIA (48426)	-
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	2	2014	Oui	Départ d'incendie dans la tête de l'éolienne à 80 m de haut. Pas de propagation, aucun blessé.	Défaillance électrique	Base de données ARIA (48471)	-
Maintenance	14/09/2016	Plaine Auboise	Aube	2,3	2009	Oui	Electrisation d'un employé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne. Blessé léger.	-	Base de données ARIA (48588)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Fissure sur pale	11/01/2017	Le Quesnoy	Nord	2,05	2010	-	Fissure constatée sur une pale d'une éolienne. Arrêt de l'installation. Dommage réduit et réparable. Il n'est donc pas nécessaire de procéder à son remplacement.	Défaut matériel	Base de données ARIA (49413)	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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	Aude	0,6	2002	Non	Chute de 3 pales d'une éolienne. Débris collectés autour du mat de 40 m. Des impacts sur le mat sont visibles. Mise en place de barrières et sécurisation de l'accès.	Vitesse de rotation excessive sur une éolienne mise à l'arrêt pour maintenance suite à la casse totale de son arbre lent : la rupture a eu pour conséquence le désaccouplement du rotor avec le multiplicateur, donc de rendre inopérant le frein mécanique.	Base de données ARIA (49104)	-
Chute de pale	18/01/2017	Nurlu	Somme	2	2010	Oui	Chute de pale (2/3 brisés, avec armature toujours en place). Essentiel des débris retrouvés à moins de 90 m du mât, les plus lourds à moins de 27 m.	Tempête	Base de données ARIA (49151)	-
Rupture de pale	27/02/2017	Le Grand Linault	Deux-Sèvres	2	2011	Oui	Projection de fragments de pale à 150 m du mât, haut de 78 m. Aucun blessé, ni dégâts. Les autres éoliennes du parc sont vérifiées.	Défaut de fabrication sur la pale	Base de données ARIA (49374)	-
Rupture de pale	27/02/2017	Lavallée	Meuse	2	2011	Oui	Rupture de la pointe d'une pale d'éolienne. L'exploitant la retrouve au sol en 3 morceaux à 200 m de l'éolienne. Aucun blessé.	Orage violent (rafale de vent extrême)	Base de données ARIA (49359)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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	06/06/2017	Le Moulin d'Emanville	Eure-et-Loir	3	2014	Oui	Départ de feu dans la nacelle d'une éolienne. Mise en sécurité du parc, coupure de la circulation sur la RN154. Le feu s'éteint seul. Destruction de la nacelle, du rotor et d'une partie des pales et du haut du mât et chute d'éléments au sol, aboutissant au démantèlement de l'éolienne et à une surveillance de l'environnement.	Défaut des condensateurs du boîtier électrique situé dans la nacelle.	Base de données ARIA (49746)	-
Rupture de pale	24/06/2017	Tambours	Pas-de-Calais	1,6	2007	Oui	Rupture et chute d'une pale au pied du mat de l'éolienne. Débris projetés dans un rayon de 20 m.	-	Base de données ARIA (49902)	-
Chute de pale	08/07/2017	Aussac-Vadalle	Charente	2	2010	Oui	Chute d'une partie de pale. Débris collectés dans une zone de 50 à 100 m du mât, mise en place d'un balisage	Foudre	Base de données ARIA (49768)	-
Chute de pale	17/07/2017	Fécamp	Seine-Maritime	0,9	2006	Oui	Rupture d'un aérofrein et chute au pied du mât de 49 m. Clôture du site endommagée.	Problème de montage ou présence de vibration en fonctionnement	Base de données ARIA (50291)	-
Rupture de pale	05/08/2017	L'Osières	Aisne	2	2017	Oui	Rupture de pale et chute au sol. Débris retrouvés au pied du mât. Accès sécurisé et surveillance de la zone.	-	Base de données ARIA (50148)	-
Maintenance	26/10/2017	Le Champ aux roches	Ardennes	2,3	2008	Oui	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance. Circonstances non encore établies, une enquête a été ouverte	-	ABO Wind	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	Techno-logie 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'élément	08/11/2017	Roman	Eure	2	2010	Oui	Chute du carénage de la pointe de la nacelle. Mise à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien	Défaut d'assemblage des boulonnages du carénage. Non-respect de la procédure lors du montage des turbines.	Base de données ARIA (50694)	-
Effondrement	01/01/2018	Bouin	Vendée	2,4	2003	Oui	Chute du mât de 60 m qui se brise en 2. Débris éparpillés sur une surface assez importante. Rotor enfoncé dans le sol. Périmètre de sécurité et mise en place d'un gardiennage.	Tempête Carmen : erreur d'interprétation des données pour remplacer l'éolienne, ce qui augmente une augmentation trop rapide du rotor.	Base de données ARIA (50913)	-
Chute de pale	04/01/2018	Nixeville-Blercourt	Meuse	2	2008	Oui	Rupture de l'extrémité d'une pale et chute d'un morceau de 20 m. Zone sécurisée. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. mise en place d'un gardiennage.	Épisode venteux.	Base de données ARIA (50905)	-
Chute d'élément	06/02/2018	Conilhac-corbieres	Aude	2,3	2014	Oui	Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne. À la suite d'un défaut sur l'électronique de puissance, l'éolienne est passée en arrêt automatique par sollicitation du freinage aérodynamique. Lors de l'ouverture de l'aérofrein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute	Défaut électronique	Base de données ARIA (51122)	-
Défaillance mécanique	08/03/2018	Villers-grelot	Doubs	2,78	2016	-	Dent de l'arbre rapide, situé entre le multiplicateur et la génératrice cassée. Aucune conséquence n'est relevée sur d'autres composants ou l'environnement	Défaut de fabrication au niveau de la couronne dentée de l'arbre rapide	Base de données ARIA (53153)	-
Incendie	01/06/2018	Marsanne	Drôme	2	2008	Oui	Feu qui se déclare au pied d'une éolienne dans un parc composé de 8 aérogénérateurs. L'incendie se propage jusqu'à sa nacelle.	Origine de l'événement est criminelle (les portes d'accès aux éoliennes ont été fracturées)	Base de données ARIA (51675)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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	05/06/2018	Aumelas	Hérault	2	2005	Oui	Feu dans la nacelle d'une éolienne de 70 m de haut. Des éléments de l'éolienne en feu chutent au sol. Les flammes se propagent en partie basse de l'aérogénérateur. La végétation est brûlée sur 50m².	Dysfonctionnement électrique	Base de données ARIA (51681)	-
Chute d'élément	04/07/2018	Port-la-nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Non	Chute des extrémités de 2 pales d'une éolienne. Avarie constatée sur 2 des pales d'une éolienne : leurs extrémités se sont disloquées. Des éléments sont projetés à 150 m du mât après s'être décrochées.	-	Base de données ARIA (51853)	-
Incendie	28/09/2018	Sauveterre	Tarn	2	2009	Oui	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne dans un parc éolien. La machine est démantelée début novembre. L'incendie s'est propagé à la végétation : 2,5 ha de végétation, essentiellement une plantation de résineux, ont brûlé.	Acte de malveillance	Base de données ARIA (52641)	-
Fuite d'huile	17/10/2018	Flers-sur-noye	Somme	2	2017	-	Fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. L'aérogénérateur est arrêté. 150L d'huiles sont récupérés.	Mauvaise réalisation d'une activité de maintenance annuelle préventive	Base de données ARIA (52498)	-
Effondrement	06/11/2018	Guigneville	Loiret	3	2010	Oui	Effondrement d'une éolienne d'une hauteur en bout de pale de 140 m, s'effondre dans un parc éolien composé de 2 aérogénérateurs.	Sur-vitesse de rotation des pales de l'éolienne conduisant à une surcharge de contraintes sur la structure, provoquant son effondrement	Base de données ARIA (52558)	-
Chute d'élément	18/11/2018	Conilhac-corbieres	Aude	2,3	2014	Oui	Les 3 aérofrees en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât.	Défaut électronique	Base de données ARIA (52653)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	19/11/2018	Ollezy	Aisne	2,4	2017	Oui	Chute d'une pale d'une éolienne.	-	Base de données ARIA (52638)	-
Incendie	03/01/2019	La Limouzinière	Loire-Atlantique	2	2010	Oui	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. De nombreux débris enflammés tombent au sol. La nacelle de l'éolienne est détruite ainsi que la base des 3 pales.	Une avarie sur la génératrice de l'éolienne semble à l'origine de l'incendie	Base de données ARIA (52838) Article de presse (Actu.fr 04/01/2019)	-
Rupture de pale	17/01/2019	Bambiderstroff	Moselle	2	2007	Oui	Une pale d'éolienne s'est rompue. Deux morceaux, l'un de 5 m (coque) et l'autre de 28 m (fibre de verre), chutent au sol. Celui de 28 m est projeté à 100 m de l'éolienne. Un périmètre de sécurité est mis en place afin de ramasser les débris.	Un défaut d'adhérence dû à un manque de matière entre la coque en fibre de verre et le cœur de la pale serait à l'origine de cette rupture.	Base de données ARIA (52967)	-
Incendie	20/01/2019	Roussas	Drôme	1,75	2006	Oui	Deux éoliennes ont été endommagées par un incendie volontaire	Incendie criminel	Base de données ARIA (52993)	-
Effondrement	23/01/2019	Boutavent	Somme	1	2011	Oui	Survitesse et perte d'une pale puis rupture du mât et effondrement de l'éolienne.	Survitesse des pales suite à une coupure de l'alimentation de l'éolienne et un défaut des batteries de secours permettant la mise en drapeau des pales. Après dislocation d'une pale rupture du mât.	Base de données ARIA (53010)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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	30/01/2019	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Non	Une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol. Plusieurs vis provenant du moyeu à roulement de la pale sont retrouvées au sol. Un périmètre de sécurité est mis en place autour de l'éolienne. Pas de dommage structural sur le reste de l'éolienne. Certaines des vis retrouvées au sol présentent des ruptures franches, des éléments distinctifs de fatigue et des traces de corrosion.	Corrosion pourrait avoir été engendrée par une précharge insuffisante lors du serrage.	Base de données ARIA (53139)	-
Fissure sur pale	12/02/2019	Autechaux	Doubs	2,75	2016	-	6 fissurations sur des roulements de pale, positionnés entre la base de la pale et le moyeu. Sur les 6 fissures, 5 sont partielles (bague extérieure fissurée sur une partie seulement de sa section transversale) et 1 complète (bague extérieure fissurée sur l'ensemble de sa section transversale). le constructeur a prévu de déposer le rotor afin de remplacer les roulements par des roulements neufs.	L'origine des fissurations serait un défaut d'alésage qui, sous contrainte, conduirait à une fissuration par fatigue de la bague au niveau d'une zone d'amorçage propice constituée par les trous d'introduction des billes dans les roulements.	Base de données ARIA (53562)	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Maintenance	15/04/2019	Chailly-sur-Armançon	Côte-d'Or	2	-	-	Un sous-traitant est électrisé par un courant de 20 000 V dans une éolienne. Blessé léger.	-	Base de données ARIA (53479)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Incendie	18/06/2019	Quesnoy-sur-Airaines	Somme	2,3	2011	Oui	Un feu s'est déclaré sur une éolienne. Le lendemain, des pièces déposées au pied de l'éolienne à la suite de l'incendie sont dérobées.	Un court-circuit sur un condensateur serait à l'origine du sinistre.	Base de données ARIA (53857)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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	25/06/2019	Ambon	Morbihan	1,67	2008	Oui	Lors d'une opération de maintenance au niveau du système d'orientation des pales d'une éolienne, un feu se déclare au niveau de la nacelle. Un périmètre de sécurité de 500 m est mis en place. Une partie de la nacelle est tombée à terre.	-	Base de données ARIA (53860) Article de presse (Ouest France 26/06/2019)	-
Rupture de pale	27/06/2019	Charly-sur-Marne	Aisne	2	2009	Oui	Lors d'une maintenance les techniciens constatent qu'une pale d'une éolienne présente un angle anormal. Lors de la mise à l'arrêt de cette éolienne, le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m, l'autre à 100 m dans l'enceinte du parc éolien. Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place autour de l'éolienne.	-	Base de données ARIA (53894)	-
Chute d'élément	04/09/2019	Escales	Aude	0,75	2004	Non	Déclanchement d'un arrêt d'urgence d'une éolienne sans cause identifiée. L'arrêt de l'éolienne est anormalement brutal, ce qui provoque le détachement de deux aérofrees d'une des pales de l'éolienne, l'un est retrouvé à 5 m du pied de l'éolienne, l'autre à 65 m	-	Base de données ARIA (54407)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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'élément	22/01/2020	Saint-Seine-l'Abbaye	Côte-d'Or	2	2009	Oui	Au cours d'une patrouille de routine, un gendarme trouve un joint de pale au pied d'une éolienne. L'incident est sans conséquence, le joint permet principalement de diminuer les turbulences au niveau du rotor. Ce joint de pale avait glissé sur le premier mètre de la pale 2 semaines plus tôt et une intervention était prévue la semaine de l'évènement.	Causé par une défaillance du collier de serrage sous dimensionné par rapport aux contraintes dans le temps. L'exploitant précise que l'évènement peut être lié aux conditions de vent élevées lors de la rupture.	Base de données ARIA (55331)	-
Rupture de pale	09/02/2020	Beaurevoir	Aisne	2	2009	Oui	Dans la nuit une pale d'une éolienne, se brise lors du passage de la tempête Ciara. L'éolienne était à l'arrêt, pour une opération de maintenance, au moment de la tempête	Les conditions météorologiques durant le week-end sont à l'origine de la rupture de la pale.	Base de données ARIA (55055)	-
Rupture de pale	26/02/2020	Theil-Rabier	Charente	2,5	2017	Oui	Une pale d'éolienne se rompt. L'éolienne s'arrête en sécurité. Le morceau principal reste accroché à la base de la pale. Des fragments de fibre sont retrouvés au sol au pied de la machine.	L'hypothèse de rupture est liée à un défaut interne de la pale.	Base de données ARIA (55311)	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	29/02/2020	Boisbergues	Somme	2	2015	Oui	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 pales	L'incendie est probablement dû à une fuite d'huile.	Base de données ARIA (55133)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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	24/03/2020	Flavin	Aveyron	2	2010	Oui	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. Des coulures d'huiles sont visibles sur la partie supérieure du mât mais aucune pollution du sol n'est constatée. L'incendie est limité à la nacelle et au rotor.	-	Base de données ARIA (55294)	-
Fissure sur pale	31/03/2020	Lehaucourt	Aisne	2,5	2007	Oui	A l'occasion 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, a significativement évolué. L'exploitant prévoit de remplacer la pale.	La fissure est due à un défaut de collage au moment de la fabrication de la pale. Les intempéries ont aggravé cette dégradation.	Base de données ARIA (55584)	-
Fuite d'huile	10/04/2020	Ruffiac	Morbihan	2	2017	Oui	Une entreprise responsable de la maintenance d'un parc éolien constate une fuite d'huile hydraulique au niveau de la nacelle d'une éolienne. 40 l d'huile s'écoulent le long du mât jusqu'au massif de fondation.	L'origine de la fuite est un défaut au niveau de l'accumulateur de l'éolienne.	Base de données ARIA (55360)	-
Chute d'élément	30/04/2020	Plouarzel	Finistère	0,66	2000	Non	Une pale d'une des 5 éoliennes présente une pliure. De forts craquements sont audibles à 300 m de l'éolienne. Une partie de 1,5 m chute au sol. La pale a probablement heurté plusieurs fois le mât avant de se briser. Des débris de fibres de verre et de colle sont présents dans un rayon de 60 m autour de l'éolienne	L'éventualité d'un impact de foudre n'est pas écartée, ou d'une mauvaise orientation des pales, qui a pu entraîner un défaut généralisé. Hypothèse : coups de vents à répétition dont la vitesse serait supérieure à celle à l'origine du dimensionnement de l'éolienne, et qui auraient pu avoir fatigué prématurément les pales.	Base de données ARIA (55641)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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
Fuite d'huile	07/06/2020	Lehaucourt	Aisne	2,5	2007	Oui	Une fuite d'huile hydraulique (estimé à 50L) se produit au niveau de la boîte de vitesse située dans la nacelle d'une éolienne. La turbine s'arrête en sécurité à la suite de la détection de la fuite dans la machine. Le fond de la nacelle n'est pas pourvu de rétention, l'huile s'écoule le long du mât	La fuite est due à la rupture d'un flexible de lubrification hydraulique pour refroidissement de la boîte de vitesse. L'exploitant conclut à une fragilité dans la structure même du flexible.	Base de données ARIA (56437)	-
Chute de pale	27/06/2020	Plémet	Côtes-d'Armor	2,5	2015	Oui	Une pale s'est détachée du rotor d'une éolienne. Des débris de pale sont retrouvés au sol dans un rayon de 40 m. La pale a glissé le long des tiges métalliques qui la relie au rotor.	Une perte d'adhérence entre les inserts métalliques de liaison du pied de la pale au moyeu du rotor a conduit à la chute de la pale. La rupture d'adhérence est survenue de manière prématurée à la suite de l'accumulation de phénomènes de charge : vents violents, rafales, turbulences, changement de mode de production dû au bridage acoustique.	Base de données ARIA (55650)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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	01/08/2020	Issanlas	Ardèche	2	2017	Oui	Dégagement de fumée au niveau de la nacelle d'une éolienne. Des résidus en combustion ont atteint le sol, ce qui a provoqué des dégâts sur 20 m² de végétation au pied de l'éolienne. Les dégâts internes sont concentrés au niveau de la génératrice en nacelle et nécessitent des réparations.	Le dégagement de fumées résulte de l'échauffement des pièces de protection (vernis, carters en plexiglas, carcasse en caoutchouc) de la génératrice de l'éolienne. Les performances du joint, qui sert à orienter le flux d'air sur la génératrice, ne sont pas conformes. Les caractéristiques du joint associées à une faiblesse locale d'isolement de la génératrice ont entraîné la combustion du joint.	Base de données ARIA (55984)	-
Fuite d'huile	01/09/2020	Bouchy-Saint-Genest	Marne	2	2016	Oui	Lors d'une visite de site, un opérateur constate une fuite d'huile sur l'une des éoliennes d'un parc éolien. Le produit a atteint le sol au pied du mât. L'exploitant estime la quantité ayant fui à 20 l.	La fuite proviendrait d'un flexible allant d'un accumulateur à un collecteur de deux pales.	Base de données ARIA (56309)	-
Fuite d'huile	11/12/2020	Charmont-en-Beauce	Loiret	3	2013	Oui	Une fuite d'huile se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. L'huile ruissèle le long du mât.	La fuite d'huile provient de la vanne de prélèvement d'huile restée ouverte pendant plusieurs heures. Au cours d'une intervention dans la nacelle, la manipulation d'objets aurait provoqué l'ouverture involontaire de cette vanne.	Base de données ARIA (56492)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	12/01/2021	Saint-Georges-sur-Arnon - Les Vignes	Indre	2,5	2010	Oui	une pale disloquée, débris dans un rayon de 100m.	Survitesse par vents forts (10 à 15 ms) suite à un défaut du pitch sur les 3 pales. Freins déclenchés mais pitch ne réagit pas. Erreur de programmation du logiciel de commande des convertisseurs. défauts superficiels de revêtements détectés quelques mois avant mais classique pour des pales de 11 ans.	Base de données ARIA (56597)	
Chute de pale	13/02/2021	Patay - Vallée des Gommiers	Loiret	2	2007	Oui	Chute d'une pale, fibres de verre retrouvées à 30m et fragments à 150m.	défaut de collage, mauvaise répartition de la colle et/ou qualité de la colle défectueuse. Pas d'identification d'indice pendant la phase de contrôle classique.	Base de données ARIA (56753)	
Chute de pale	03/12/2021	La Souterraine	Creuse	2	2013	Oui	chute d'une pale retrouvée entre 60 et 100 m du mât ainsi que des débris.	fixation entre la pale et le moyeu est restée attachée, pas de cause fournie dans Aria	Base de données ARIA (58412)	
Rupture de pale	21/10/2021	Auchay-sur-Vendée PE plaine d'Auzay	Pays de la Loire	4,2	2021	Oui	rupture de pale qui reste solidaire du rotor mais avec projections de débris de 100 à 400 m	non renseignée, parc mis en service 4 mois plus tôt. Vitesse de vent très élevée à 36 m/s	Base de données ARIA (58114)	
Rupture de pale	12/02/2021	L'Osières - Priez	Aisne	2	2017	Oui	Rupture de pale et chute au sol. Débris retrouvés au pied du mât. Accès sécurisé et surveillance de la zone.	défaut de réparation au niveau du bord de fuite (trou). Problème identique en 2017 (aria 50148)	Base de données ARIA 56765	
Chute d'élément	20/10/2021	Coole	Marne	2,05	2012	Oui	chute d'une partie en fibre du cône du nez du rotor	non renseignée	Base de données ARIA 58388	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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
Fuite d'huile	12/05/2022	Portes de côtes d'or	Côte d'Or	2	2016	Oui	fuite d'huile hydraulique en provenance du distributeur d'une pale d'une éolienne. Mise en place un kit antipollution en pied de tour. aucune excavation de la terre n'a été organisée.	La cause de la fuite est un défaut du joint situé entre le distributeur et le vérin	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/60224/	
Fuite d'huile	10/02/2022	Oresmaux	Somme	2		Non	fuite d'huile se produit au niveau du système d'orientation des pales dans le rotor et le long de la tour d'une éolienne. 100l d'huile se déversent le long du mât. Une faible quantité a atteint le pied de l'éolienne.	fuite est due à un bouchon d'un cylindre du système d'orientation des pales dans le rotor mal resserré.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/58775/	
Fuite d'huile	27/04/2022	La Roque	Herault	0,9		Non	une coulée d'huile biodégradable de 140 l sur le mât et des projections de gouttes au sol sur la plateforme d'une éolienne. L'installation est mise à l'arrêt et un kit antipollution est disposé pour contenir la fuite au sol. L'exploitant planifie un nettoyage de la tour et une évacuation de la couche superficielle souillée.	L'installation est relancée le lendemain. La fuite est due à une rupture de flexible de la multiplicatrice en nacelle	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/58981/	
Incendie	20/04/2022	Energie du Porcien	Ardennes	2	2009	Oui	Un feu se déclare sur une éolienne. Un périmètre de sécurité de 200 m et un gardiennage sont mis en place., le périmètre de sécurité est élargi à 300 m et des panneaux d'information sont installés.		https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/59413/	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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
Fuite d'huile	19/09/2022	Les Touches	Loire Atlantique (44)	2,5		Non	Une traînée d'huile sur le mât d'une éolienne. .80 l d'huile sont présents dans le bac de rétention en nacelle en plus d'une vingtaine de litres le long de la tour. Les traces s'arrêtent 10 m sous la nacelle. Sans pollution au sol.	le flexible défaillant	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/59719/	
Fuite d'huile	10/08/2022	Terre Plaine (Cussy-les-Forges)	Yonne (89)	2,2	2022	Oui	une fuite d'huile se produit dans la nacelle d'une éolienne Le bloc vérin de la pale est détaché.L'huile coule en pied de tour, sans atteindre le sol environnant.	L'événement engendre des pertes d'exploitation.La fuite est due un tuyau hydraulique cassé à la suite d'un problème de montage.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/59965/	
Fuite d'huile	03/02/2022	Argonne	Marne	0,85	2005	Oui	Fuite d'huile sur l'extérieur du mât d'une éolienne.	.L'origine de l'événement est une infiltration d'eau sur le toit de la nacelle, au niveau du raccordement du système de refroidissement, qui a emmené avec elle les taches d'huiles présentes dans le fond de nacelle, à l'extérieur du mât.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/58804/	
Chute d'élément	11/07/2022	Haut-Corlay	Côtes-d'Armor	1,5	2005	Oui	Une trappe d'accès au hub d'une éolienne se détache et chute au sol, devant la porte d'accès à la machine. .	La chaleur serait à l'origine de la défaillance. Avec les fortes chaleurs estivales, la fibre du cône de nez du hub se dilate, rendant le système de verrouillage de la trappe inefficace.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/60111/	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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
Fuite d'huile	29/05/2022	Assac	Tarn	2	2012	Oui	l'huile de multiplicatrice se déverse dans le bac de rétention de la nacelle. Le vent génère des mouvements de la nacelle, provoquant le débordement de l'huile au pied de la machine et au sol..La quantité d'huile déversée est estimée à 150	.La fuite est due à une panne de la multiplicatrice.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/59167/	
Chute de pale	30/04/2022	Roquetaillade	Aude	0,6	2001	Non	La pale d'une éolienne tombe et se casse au pied de l'éolienne sans occasionner d'autres dégâts	La chute de la pale fait suite à une rupture du roulement de pale.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/59013/	
Fuite d'huile	24/03/2022	Lislet	Aisne	2	2008	Oui	traces d'huiles sur le mât et la plateforme d'une éolienne ainsi que sur le chemin d'accès et 2 parcelles voisines. Une partie de l'huile est contenue à l'intérieur de l'éolienne. Le circuit a perdu en pression et l'éolienne s'est arrêtée automatiquement.	La cause de l'événement est la rupture d'un sertissage d'un flexible dans la nacelle.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/59108/	
Rupture de pale	23/11/2022	Plélan-le-Grand	Ile et Vilaine	2	2008	Oui	un orage touche un réseau électrique et des éoliennes. Une carte électronique est détériorée et la machine s'arrête. Deux jours plus tard, après réparation et peu après le redémarrage de l'éolienne, le bout d'une pale se plie. Après inspection, u	n impact de foudre est visible, celle-ci a traversé le bout de la pale. Les	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/59952/	
Incendie	22/08/2022	Quatre Vallées (Coole)	Marne (51)	2	2012	Oui	la nacelle d'une éolienne de 90 m de haut prend feu. . L'exploitant doit procéder au ramassage des déchets calcinés, au sondage et à l'analyse du sol pour caractériser un éventuel impact de l'incident sur la qualité des sols.	D'après la presse, le sinistre serait dû à l'explosion du convertisseur d'électricité installé dans la nacelle.	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/59533/	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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	05/08/2022	Keranfouler	Côte d'armor (22)	1,3	2006	Oui	Un feu se déclare dans le rotor . . Un important panache de fumée se dégage..400 m² de végétation ont brûlé. Le rotor et les pales sont détruits.		https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/59452/	
Incendie	20/03/2023	Chatenay	Eure et Loire	2	2008	Oui	Un feu se déclare au niveau du moteur de la nacelle d'une éolienne à 80 m de haut. L'incendie se propage en direction des pales.Un périmètre de sécurité de 200 m est instauré en raison des débris qui tombent au sol.	Plusieurs pistes à l'origine de l'incendie sont étudiées : court-circuit / mauvais serrage des connexions entre la génératrice et les câbles de puissance / conduit d'échappement des poussières / arc électrique à partir du slipring (bague collectrice)	Aria 60413	
Chute d'élément	23/02/2023	Moeuvres	Nord (59)	3,3	2016	Oui	Des morceaux de pale, mesurant entre 10 et 70 cm, sont ramassés, ainsi que des peignes acoustiques tombés au sol.		Aria 60358	
Projection de glace	17/01/2023	Le Born-Pelouse	Lozère (48)	3,6	2022	Oui	Projection de glace constatée suite condition météo favorable mais pas d'arrêt de l'éolienne.	Une défaillance au niveau des systèmes de détection de glace est à l'origine du non-arrêt des éoliennes malgré la présence de glace sur les pales.	Aria 60248	
Incendie	09/03/2023	L'Espinassière (Froidfond)	Vendée	2	2008	Oui	Un feu se déclare sur la nacelle et se propage à une pale de 40 m de longueur. Un périmètre de sécurité de 200 m est mis en place. La nacelle est détruite, il n'y a pas eu de chute de composant autres que des débris de coque avec des envols,		Aria 60363	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie 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	09/01/2023	Harpens Petits Caux	Seine - Maritime (76)	2,5	2006	Oui	dégagement de fumée au moment de l'ouverture de la porte de la machine. Les secours mettent en place une zone de sécurité de 100 m autour de l'éolienne impactée. Le dégagement de fumée noire est contenu à l'intérieur de la machine.	pas d'incendie juste dégagement de fumée	Aria 60172	
Incendie	31/01/2023	Tigny-Noyelle	Pas-de-Calais (62)	2,3	2016	Oui	Lors d'un redémarrage à la suite d'une opération de maintenance, un dégagement de fumée se produit à l'intérieur d'une éolienne dans un boîtier électrique de 20 000 V.	pas d'incendie juste dégagement de fumée	Aria 60343	
Fuite d'huile	09/05/2023	Yvignac-la-Tour	Côte d'armor (22)	2	2014	Oui	Fuite d'huile de 180l suite problème de maintenance avec pollution du sol et dépollution ensuite	erreur de montage lors d'une maintenance	Aria 60603	
Chute d'élément	14/03/2023	Peux-et-couffouleux	Aveyron (12)	1,3	1999	Non	chute d'un spoiler (aéofrein d'une pale)	mauvais serrage malgré contrôle 2 ans plus tôt (tout les 4 ans)	Aria 60746	
Fissure sur pale	12/07/2023	Rosière (Chanteraine)	Meuse (55)	2,2	2019	Oui	pale d'éolienne cassée suite impact de foudre. article presse	impact de foudre	Aria 60922	

ANNEXE 3 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE 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**).

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIES A LA GLACE (G01 ET G02)

SCENARIO G01

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

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

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

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

SCENARIO 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.

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 A 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.

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUITES (F01 A 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, ...).

SCENARIO 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.

SCENARIO 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.

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE CHUTE D'ÉLÉMENTS (C01 A 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.

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES (P01 A P06)

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

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

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

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

SCENARIO 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.

SCENARIO 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, emballlement de l'éolienne.

SCENARIOS 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.

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'EFFONDREMENT DES EOLIENNES (E01 A E10)

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

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

ANNEXE 4 – PROBABILITE D’ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

Avec :

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

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

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.

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

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

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

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

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

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

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

Indépendance d'une mesure de maîtrise des risques : Faculté d'une mesure, de par sa conception, son exploitation et son environnement, à ne pas dépendre du fonctionnement d'autres éléments et notamment

d'une part d'autres mesures de maîtrise des risques, et d'autre part, du système de conduite de l'installation, afin d'éviter les modes communs de défaillance ou de limiter leur fréquence d'occurrence.

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

- réduction des dangers: la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation

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

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

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

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

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.

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.

ANNEXE 6 – ABREVIATIONS & SIGLES

Afin de faciliter la compréhension du présent dossier, le lecteur dispose ici de la signification des principales abréviations utilisées.

AEP : Alimentation en Eau Potable

APR : Analyse Préliminaire des Risques

AZI : Atlas des Zones Inondables

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

DDAE : Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale

DDT : Direction Départementale des Territoires

DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer

EDD : Étude De Dangers

ERP : Établissement Recevant du Public

FEE : France Energie Éolienne (branche éolienne du SER)

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

INB : Installation Nucléaire de Base

INERIS : Institut National de l'Environnement industriel et des RISques

MEDDE : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (2012-2014)

MEEDDM : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer (2007-2010)

MEDDTL : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (2010-2012)

MEEM : Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (2016-2017)

MTES : Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (auj.)

PDIPR : Plan Départemental des Itinéraires de Promenades et de Randonnées

PDL : Poste de livraison

PLU : Plan Local d'Urbanisme

PLUi : Plan Local d'Urbanisme intercommunal

PPRI : Plan de Prévention des Risques Inondations

PPRN : Plan de Prévention des Risques Naturels

PPRT : Plan de Prévention des Risques Technologiques

RNT : Résumé Non Technique

SDIS : Service Départemental d'Intervention et de Secours

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel

ANNEXE 7 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

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