PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES

COMMUNES DE BOUZONVILLE-AUX-BOIS ET LAAS (45)



DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

PIÈCE 7 : ÉTUDE DE DANGERS ET SON RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

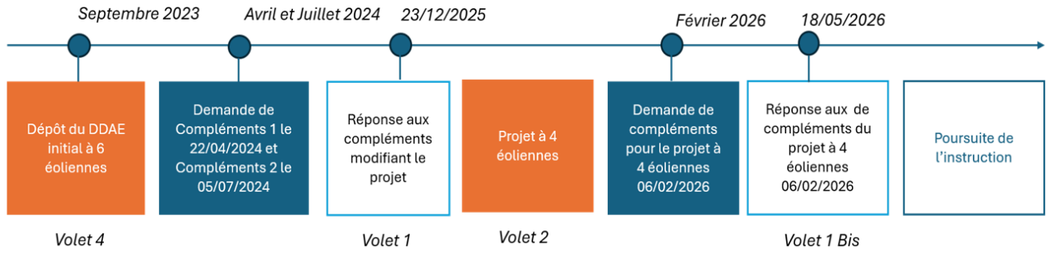
SAS PARC EOLIEN
DES GRENOUILLETTES

SEPTEMBRE 2026

Note de lecture du dossier

Le dossier de demande d'autorisation environnementale (DDAE) a été initialement déposé en septembre 2023. Dans le cadre de l'instruction, deux premières demandes de compléments ont été formulées par les services instructeurs (22/04/2024 et 05/07/2024). En date du 09/07/2024 les services instructeurs ont demandé d'adapter le projet : modification des gabarits, déplacements ou suppressions de machines.

Aussi, il a été convenu de présenter une variante du projet à 4 éoliennes au lieu de 6 initialement sollicitées.



Afin de préserver l'intégrité du dossier DDAE initial, il a également été convenu avec les services instructeurs de présenter cette évolution dans le cadre de la réponse aux compléments, au travers de pièces nommés « Volets ».

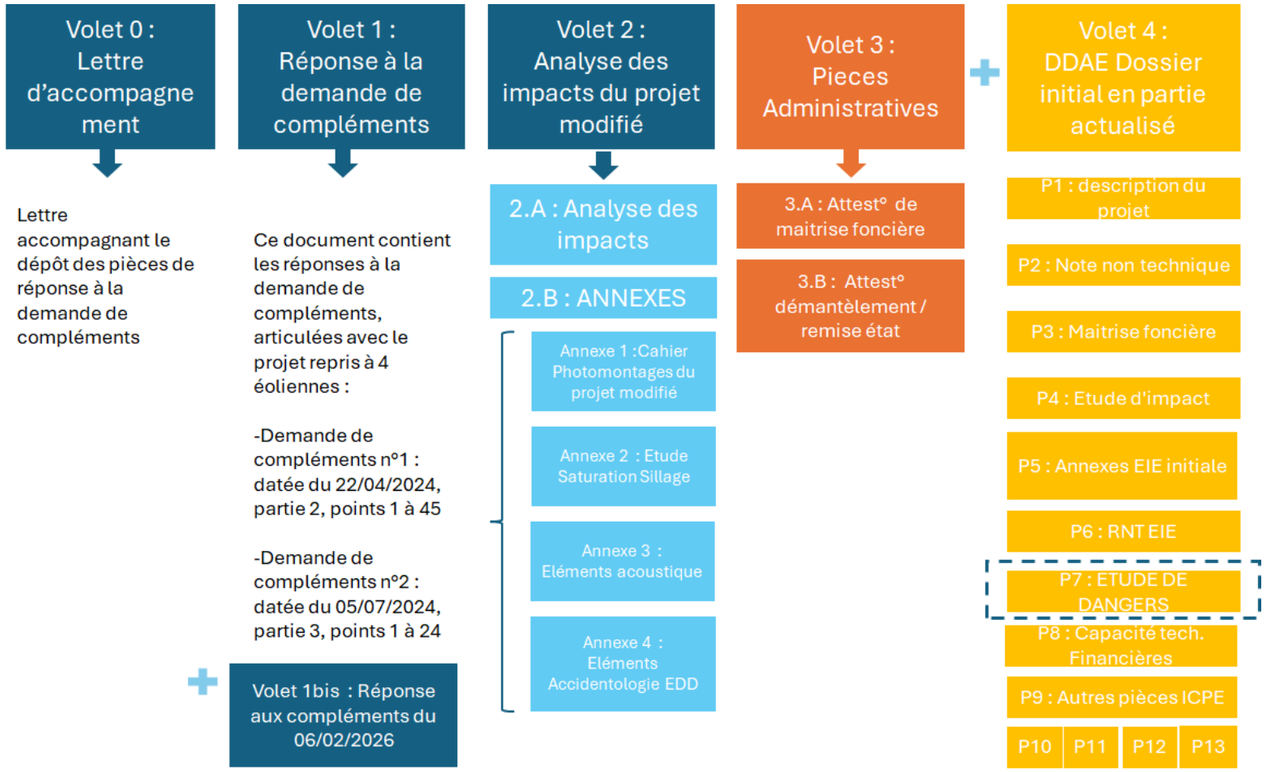
Les pièces déposées initialement (Volet 4 : Pièces 1 à 9) demeurent constitutives du dossier et doivent être lues conjointement avec les documents complémentaires transmis en décembre 2025 (Volet 1 à 3).

- **Volet 1** : Réponses aux demandes de compléments du 22/04/2024 et du 05/07/2024
- **Volet 1 bis :** Réponses à la demande de compléments du 06/02/2026

Les informations relatives au projet révisé à quatre éoliennes sont regroupées dans les pièces suivantes :

- **Volet 2A** : Présentation du projet modifié à 4 éoliennes,
- **Volet 2B :** Analyse des incidences du projet révisé, actualisation des photomontages, de l'étude de saturation visuelle ainsi que compléments à l'étude de dangers ;
- L'état initial de l'environnement présenté dans l'étude d'impact (Pièce 4) conserve toute sa pertinence pour l'appréhension du territoire d'étude. Les analyses relatives au projet révisé à quatre éoliennes sont quant à elles présentées dans le Volet 2A, auquel le lecteur est invité à se reporter pour la description des incidences et des mesures associées.
- De même, l'étude de dangers demeure applicable aux éoliennes conservées et est complétée par les éléments spécifiques relatifs à l'éolienne E0 figurant dans le Volet 2A.

- **Volet 3** - Pièces administratives : attestations actualisées de maîtrise foncière et de remise en état.



SOMMAIRE

A. PRÉAMBULE 6

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE DE L'ÉTUDE DE DANGERS 7

B. LE CONTEXTE GÉNÉRAL 8
B.1 L'objectif de l'étude de dangers 8
B.2 L'aire d'étude de dangers 8
B.3 La présentation du pétitionnaire 8
C. LA DESCRIPTION DU PROJET ÉOLIEN (ET DE SON ÉVOLUTION LORS DE L'INSTRUCTION) 9
C.1 Présentation du projet éolien initial à 6 éoliennes 9
C.2 Présentation du projet éolien modifié à 4 éoliennes 9
C.3 La localisation des installations 10
D. LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DU PROJET INITIAL À 6 ÉOLIENNES 11
D.1 L'environnement humain 11
D.2 L'environnement naturel 11
D.3 L'environnement matériel 12
E. LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'ÉOLIENNE E0 14
E.1.1 L'environnement humain 14
E.2 L'environnement naturel 14
E.3 L'environnement matériel 15
E.4 La cartographie de synthèse 15
F. L'ÉTUDE DES RISQUES D'ACCIDENTS 17
F.1 L'analyse préliminaire des risques 17
F.2 L'étude détaillée des risques 17
F.3 Les mesures de maîtrise de risque 19

ÉTUDE DE DANGERS 21

G. INTRODUCTION 22
G.1 Les objectifs de l'étude de dangers 22
G.2 Le contexte législatif et réglementaire 22
G.3 La nomenclature des installations classées 23
G.4 La démarche générale de l'étude de dangers 23
H. LES INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION 24
H.1 Les renseignements administratifs 24
H.2 La localisation du site 24
H.3 La définition de l'aire d'étude 24
I. LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION DU PROJET INITIAL À 6 ÉOLIENNES 26
I.1 L'environnement humain 26
I.2 L'environnement naturel 29
I.3 L'environnement matériel 33
I.4 La cartographie de synthèse 36
J. LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION DE L'ÉOLIENNE E0 39
J.1 L'environnement humain 39
J.2 L'environnement naturel 39
J.3 L'environnement matériel 40
J.4 La cartographie de synthèse 40
K. LA DESCRIPTION DE L'INSTALLATION 42
K.1 Les caractéristiques générales d'un parc éolien 42
K.2 L'activité de l'installation 43
K.3 La composition de l'installation 43
K.4 Le fonctionnement de l'installation 48
K.5 Le fonctionnement des réseaux de l'installation 50
L. L'IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION 51
L.1 Les potentiels de dangers liés aux produits 51
L.2 Les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation 51
L.3 La réduction des potentiels de dangers à la source 51
M. L'ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE 53
M.1 L'inventaire des accidents et incidents en France 53
M.2 L'inventaire des accidents et incidents à l'international 54
M.3 L'inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant 55
M.4 La synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience 55
M.5 Les limites de l'utilisation de l'accidentologie 55
N. L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES 56
N.1 L'objectif de l'analyse préliminaire des risques 56
N.2 Le recensement des évènements initiateurs exclus de l'analyse des risques 56
N.3 Le recensement des agressions externes potentielles 56
N.4 Les scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques 57
N.5 Les effets dominos 59
N.6 La mise en place des mesures de sécurité 59
N.7 La conclusion de l'analyse préliminaire des risques 63
O. L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES POUR LE PROJET INITIAL À 6 ÉOLIENNES 64
O.1 Le rappel des définitions 64
O.2 La caractérisation des scénarios retenus pour le projet initial à 6 éoliennes 66
O.3 La caractérisation des scénarios retenus pour l'éolienne E0 81
O.4 La synthèse de l'étude détaillée des risques pour le projet modifié à 4 éoliennes 90
P. CONCLUSION 97
Q. ANNEXES 98
Annexe 1 : méthode et détails par éolienne de comptage du nombre de personnes exposées 98
Annexe 2 : le tableau de l'accidentologie française (jusqu'à début 2012) 99
Annexe 3 : les scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques 102
Annexe 4 : la probabilité d'atteinte et le risque individuel 104
Annexe 5 : le glossaire et la bibliographie 104
Annexe 6 : les accidents et incidents recensés entre 2012 et 2022 106
Annexe 7 : Courrier de l'aviation civile 126
Annexe 8 : Courrier de l'armée 126
Annexe 9 : Courrier de Météo France 127
Annexe 10 : Courrier de RTE 128
Annexe 11 : Courriel de COFIROUTE 130

TABLE DES CARTES

CARTE 1 : LE PROJET ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES MODIFIÉ À 4 ÉOLIENNES (PROJET FINAL) 10
CARTE 2 : LA SYNTHÈSE DE L'ENVIRONNEMENT DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 13
CARTE 3 : LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS DE L'ÉOLIENNE E0 16
CARTE 4 : LA SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES DU PROJET ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES 20
CARTE 5 : L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS DE L'ÉOLIENNE E0 24
CARTE 6 : LES INSTALLATIONS DU PROJET ÉOLIEN INITIAL À 6 ÉOLIENNES DES GRENOUILLETTES ET L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 25
CARTE 7 : L'ENVIRONNEMENT HUMAIN DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 28
CARTE 8 : DENSITÉ MOYENNE DE FOUDROIEMENT PAR DÉPARTEMENT (MÉTÉORAGE) 30
CARTE 9 : ZONAGE SISMIQUE EN FRANCE (MEDDE) 31
CARTE 10 : L'ENVIRONNEMENT NATUREL DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 32
CARTE 11 : L'ENVIRONNEMENT MATÉRIEL DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 35
CARTE 12 : LA SYNTHÈSE DE L'ENVIRONNEMENT DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 37
CARTE 13 : LA FRÉQUENTATION HUMAINE DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 38
CARTE 14 : LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS DE L'ÉOLIENNE E0 41
CARTE 15 : LA FRÉQUENTATION DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS DE L'ÉOLIENNE E0 41
CARTE 16 : LES INSTALLATIONS ET AMÉNAGEMENTS DU PROJET ÉOLIEN MODIFIÉ À 4 ÉOLIENNES DES GRENOUILLETTES SUR SCAN25 45
CARTE 17 : LES INSTALLATIONS ET AMÉNAGEMENTS DU PROJET MODIFIÉ À 4 ÉOLIENNES DES GRENOUILLETTES SUR ORTHOPHOTOGRAPHIE (SECTEUR OUEST) 46
CARTE 18 : LES INSTALLATIONS ET AMÉNAGEMENTS DU PROJET MODIFIÉ À 4 ÉOLIENNES DES GRENOUILLETTES SUR ORTHOPHOTOGRAPHIE (SECTEUR EST) 47
CARTE 19 : LE PÉRIMÈTRE DU RISQUE D'EFFONDREMENT DES ÉOLIENNES 68
CARTE 20 : LE PÉRIMÈTRE DE RISQUE DE CHUTE DE GLACE 71
CARTE 21 : LE PÉRIMÈTRE DU RISQUE DE CHUTE D'ÉLÉMENTS D'ÉOLIENNE 74

CARTE 22 : LE PÉRIMÈTRE DE RISQUE DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENTS DE PALE 77
CARTE 23 : LE PÉRIMÈTRE DE RISQUE DE PROJECTION DE GLACE 80
CARTE 24 : LA ZONE D'EFFET DU RISQUE D'EFFONDREMENT D'ÉOLIENNE 83
CARTE 25 : LA ZONE D'EFFET DU RISQUE DE CHUTE DE GLACE 84
CARTE 26 : LA ZONE D'EFFET DU RISQUE DE CHUTE D'ÉLÉMENTS 86
CARTE 27 : LA ZONE D'EFFET DU RISQUE DE PROJECTION DE PALE 88
CARTE 28 : LA ZONE D'EFFET DU RISQUE DE PROJECTION DE GLACE 89
CARTE 29 : LA SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES DU PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES MODIFIÉ À 4 ÉOLIENNES (PROJET FINAL) 92
CARTE 30 : SYNTHÈSE DES RISQUES DE L'ÉOLIENNE E0 DU PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETT 93
CARTE 31 : LA SYNTHÈSE DES RISQUES DE L'ÉOLIENNE E1 DU PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES 94
CARTE 32 : LA SYNTHÈSE DES RISQUES DE L'ÉOLIENNE E2 DU PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES 95
CARTE 33 : LA SYNTHÈSE DES RISQUES DE L'ÉOLIENNE E3 DU PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES 96

TABLE DES PHOTOGRAPHIES

PHOTO 1 : EXEMPLE DE PANNEAU DE PRÉVENTION DES RISQUES SUR UN PARC ÉOLIEN 19
PHOTO 2 : INSTALLATION CLASSÉE CAROLL EN BORDURE EXTÉRIEURE NORD DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 27
PHOTO 3 : FM FRANCE AU NIVEAU DE L'ÉCHANGEUR DE L'A19 27
PHOTO 4 : ZONE D'ACTIVITÉ DE LA CROSNE 27
PHOTO 5 : AUTOROUTE A19 AU DROIT DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 33
PHOTO 6 : LA RD30 DANS L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 33
PHOTO 7 : PYLÔNE DE LA LIGNE ÉLECTRIQUE HTB DANS L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 34

TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : VOLUME DES ACTIVITÉS DU PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES 9
TABLEAU 2 : LE GABARIT MAXIMUM DES ÉOLIENNES DU PROJET ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES 9
TABLEAU 3 : VOLUME DES ACTIVITÉS DU PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES 9
TABLEAU 4 : LE GABARIT MAXIMUM DES ÉOLIENNES DU PROJET ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES 9
TABLEAU 5 : DISTANCE ENTRE LES HABITATIONS, ZONES URBANISABLES À DESTINATION ET LES ÉOLIENNES LES PLUS PROCHES 11
TABLEAU 6 : DISTANCE ENTRE LES HABITATIONS, ZONES URBANISABLES À DESTINATION ET L'ÉOLIENNE E0 14
TABLEAU 7 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS POUR L'ÉOLIENNES E0 17
TABLEAU 8 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS POUR LES ÉOLIENNES E1 ET E2 17
TABLEAU 9 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS POUR L'ÉOLIENNE E3 18
TABLEAU 10 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS POUR L'ÉOLIENNE E0 (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012) 18
TABLEAU 11 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS POUR LES ÉOLIENNES E1 ET E2 (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012) 18
TABLEAU 12 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS POUR L'ÉOLIENNE E3(SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012) 18
TABLEAU 13 : RUBRIQUE ET RÉGIMES ICPE APPLICABLES AUX ÉOLIENNES 23
TABLEAU 14 : PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU PÉTITIONNAIRE PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES 24
TABLEAU 15 : DONNÉES DE POPULATION ET DE SUPERFICIE EN 2019 (INSEE) 26
TABLEAU 16 : DISTANCE ENTRE LES HABITATIONS ET LES ÉOLIENNES LES PLUS PROCHES 26
TABLEAU 17 : INSTALLATION CLASSÉE POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT DANS LES COMMUNES DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 26
TABLEAU 18 : LES TEMPÉRATURES MOYENNES MENSUELLES EN °C ENTRE 1991 ET 2020 (MÉTÉO FRANCE) 29
TABLEAU 19 : LES PRÉCIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES EN MM ENTRE 1991 ET 2020 (MÉTÉO FRANCE) 29
TABLEAU 20 : L'ENSOLEILLEMENT MOYEN MENSUEL EN H ENTRE 1991 ET 2020 (MÉTÉO FRANCE) 29
TABLEAU 21 : LE NOMBRE MOYEN DE JOURS DE GELÉE PAR MOIS ENTRE 1991 ET 2020 (MÉTÉO FRANCE) 29
TABLEAU 22 : PRINCIPAUX RISQUES NATURELS RECENSÉS SUR LES COMMUNES DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 30
TABLEAU 23 : ARRÊTÉS DE RECONNAISSANCE DE CATASTROPHES NATURELLES RECENSÉS SUR LES COMMUNES DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 30
TABLEAU 24 : LES MOUVEMENTS DE TERRAIN RÉPERTORIÉS AUX ABORDS DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERSE (GÉORISQUES) 31
TABLEAU 25 : LES CAVITÉS RÉPERTORIÉES AUX ABORDS DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS (GÉORISQUES) 31
TABLEAU 26 : LES VOIES DE COMMUNICATION RECENSÉES DANS L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 33
TABLEAU 27 : LES RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS RECENSÉS DANS L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS 34
TABLEAU 28 : COORDONNÉES GPS ET ALTITUDE DES ÉOLIENNES 44
TABLEAU 29 : COORDONNÉES GPS ET ALTITUDE DES POSTES DE LIVRAISON ÉLECTRIQUE (PDL) 44
TABLEAU 30 : LA DESCRIPTION DES ÉLÉMENTS CONSTITUANT L'INSTALLATION 48
TABLEAU 31 : LES DANGERS POTENTIELS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION 51
TABLEAU 32 : AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX ACTIVITÉS HUMAINES 56
TABLEAU 33 : AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX PHÉNOMÈNES NATURELS 57
TABLEAU 34 : LES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS 57
TABLEAU 35 : LA DESCRIPTION DES 12 FONCTIONS DE SÉCURITÉ (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012) 59
TABLEAU 36 : JUSTIFICATION DES SCÉNARIOS EXCLUS DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012) 63
TABLEAU 37 : LES NIVEAUX D'INTENSITÉ 64
TABLEAU 38 : LES NIVEAUX DE GRAVITÉ 65
TABLEAU 39 : INTENSITÉ DU SCÉNARIO « EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE » 66
TABLEAU 40 : GRAVITÉ DU SCÉNARIO « EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE » 67
TABLEAU 41 : PROBABILITÉ DU SCÉNARIO « EFFONDREMENT D'UNE ÉOLIENNE » 67
TABLEAU 42 : ACCEPTABILITÉ DU SCÉNARIO « EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE » 67
TABLEAU 43 : INTENSITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE DE GLACE » 69
TABLEAU 44 : GRAVITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE DE GLACE » 69
TABLEAU 45 : ACCEPTABILITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE DE GLACE » 70
TABLEAU 46 : INTENSITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE » 72
TABLEAU 47 : GRAVITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE » 72
TABLEAU 48 : ACCEPTABILITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE » 72
TABLEAU 49 : INTENSITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE » 75
TABLEAU 50 : GRAVITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE » 75
TABLEAU 51 : PROBABILITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE » 76
TABLEAU 52 : ACCEPTABILITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE » 76
TABLEAU 53 : INTENSITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE » 78
TABLEAU 54 : **GRAVITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION** DE MORCEAUX DE GLACE » 78
TABLEAU 55 : A**CCEPTABILITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION** DE MORCEAUX DE GLACE » 79
TABLEAU 56 : INTENSITÉ DU SCÉNARIO « EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE » 81
TABLEAU 57 : GRAVITÉ DU SCÉNARIO « EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE » 81
TABLEAU 58 : PROBABILITÉ DU SCÉNARIO « EFFONDREMENT D'UNE ÉOLIENNE » 81
TABLEAU 59 : ACCEPTABILITÉ DU SCÉNARIO « EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE » 82
TABLEAU 60 : INTENSITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE DE GLACE » 83
TABLEAU 61 : GRAVITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE DE GLACE » 84
TABLEAU 62 : ACCEPTABILITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE DE GLACE » 84
TABLEAU 63 : INTENSITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE » 85
TABLEAU 64 : GRAVITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE » 85
TABLEAU 65 : ACCEPTABILITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE » 85
TABLEAU 66 : INTENSITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE » 86
TABLEAU 67 : GRAVITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE » 87
TABLEAU 68 : PROBABILITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE » 87
TABLEAU 69 : ACCEPTABILITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE » 87
TABLEAU 70 : INTENSITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE » 88
TABLEAU 71 : **GRAVITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION** DE MORCEAUX DE GLACE » 89
TABLEAU 72 : A**CCEPTABILITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION** DE MORCEAUX DE GLACE » 89
TABLEAU 73 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS POUR L'ÉOLIENNES E0 90
TABLEAU 74 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS POUR LES ÉOLIENNES E1 ET E2 90
TABLEAU 75 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS POUR L'ÉOLIENNE E3 90
TABLEAU 76 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS POUR L'ÉOLIENNE E0 (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012) 90
TABLEAU 77 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS POUR LES ÉOLIENNES E1 ET E2 (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012) 91
TABLEAU 78 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS POUR L'ÉOLIENNE E3(SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012) 91
TABLEAU 79 : SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX RISQUES IDENTIFIÉS 97

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : DIAGRAMME ORGANISATIONNEL PROJET DE PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES SAS 8
FIGURE 2 : LA DÉMARCHE GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE DE DANGERS 23
FIGURE 3 : PRÉCIPITATIONS MENSUELLES OBSERVÉES À LA STATION D'ORLÉANS (METEOBLUE) 29
FIGURE 4 : SCHÉMA SIMPLIFIÉ D'UN AÉROGÉNÉRATEUR 42
FIGURE 5 : LES EMPRISES AU SOL D'UNE ÉOLIENNE ET DE SES AMÉNAGEMENTS ANNEXES 43
FIGURE 6 : LES DIMENSIONS MAXIMALES DU GABARIT DES ÉOLIENNES E0, E1 ET E2 43

FIGURE 7 : LES DIMENSIONS MAXIMALES DU GABARIT DE L'ÉOLIENNE E3 43
FIGURE 8 : LE RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE DES INSTALLATIONS 50
FIGURE 9 : RÉPARTITION DES ÉVÈNEMENTS ACCIDENTELS ET DE LEURS CAUSES EN FRANCE (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012) 53
FIGURE 10 : RÉPARTITION DES ÉVÈNEMENTS ACCIDENTELS DANS LE MONDE (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012) 54
FIGURE 11 : RÉPARTITION DES CAUSES PREMIÈRES D'EFFONDREMENT (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012) 54
FIGURE 12 : RÉPARTITION DES CAUSES PREMIÈRES DE RUPTURE DE PALE (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012) 54
FIGURE 13 : RÉPARTITION DES CAUSES PREMIÈRES D'INCENDIE (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012) 54
FIGURE 14 : L'ÉVOLUTION DU NOMBRE D'INCIDENTS ANNUELS EN FRANCE ET DE LA PUISSANCE ÉOLIENNES INSTALLÉE (SOURCES : RTE, ENEDIS, BASE ARIA)) 55
FIGURE 15 : LE NOMBRE DE PERSONNES EXPOSÉES SUR LES VOIES DE COMMUNICATION STRUCTURANTES EN FONCTION DU LINÉAIRE ET DU TRAFIC 98

A. PRÉAMBULE

La présente étude de dangers constitue une des pièces du dossier de demande d'autorisation environnementale du projet éolien des Grenouillettes qui comporte, dans son ensemble, les pièces suivantes :

- Pièce 1 : description du projet
- Pièce 2 : note non technique
- Pièce 3 : justificatifs de maîtrise foncière
- Pièce 4 : étude d'impact sur l'environnement
- Pièce 5 : annexes de l'étude d'impact sur l'environnement
- Pièce 6 : résumé non technique de l'étude d'impact sur l'environnement
- **Pièce 7 : étude de dangers et son résumé non technique**
- Pièce 8 : capacités techniques et financières
- Pièce 9 : autres pièces obligatoires ICPE
- Pièce 10 : plan de situation à l'échelle
- Pièce 11 : éléments graphiques, plans ou cartes
- Pièce 12 : plan d'ensemble à l'échelle
- Pièce 13 : autre dépôt de fichier

Cette pièce concerne l'article D. 181-15-2-I-10° du code de l'environnement : « *L'étude de dangers mentionnée à l'article L. 181-25 et définie au III du présent article* ».

L'étude de dangers a été réalisée à partir du guide rédigé par l'INERIS et le SER/FEE et approuvé par la DGPR dans sa version de mai 2012.

Le projet se situe sur les communes de Bouzonville-aux-Bois et Laas dans le département du Loiret en région Centre-Val de Loire. Il a pour objet l'implantation d'éoliennes, et d'aménagements annexes, visant à produire de l'électricité à partir de l'énergie du vent. L'électricité produite est destinée à être injectée sur le réseau public de distribution.

Ce projet est porté par la SAS parc éolien des Grenouillettes, dont le développement a été confié à PNE France, entreprise du groupe PNE, spécialisée dans le développement de projets d'énergies renouvelables.

Le contact de la personne chargée du dossier est :

Thomas LASPOUGEAS
PNE France
Immeuble Le Sanitat
10, rue Charles Brunellière
44100 NANTES
thomas.laspougeas@pne-france.fr

Cette pièce a été réalisée par le bureau d'étude EnviroCité :

Emmanuel GLÉMIN
ENVIROCITÉ
1 rue de la Censerie
49100 ANGERS
emmanuelglemin@envirocite.fr

UN PROJET INITIAL DE 6 ÉOLIENNES A FAIT L'OBJET D'UNE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE DÉPOSÉE LE 1ER SEPTEMBRE 2023 PAR WKN FRANCE (DEVENU PNE FRANCE) POUR LA SOCIÉTÉ PÉTITIONNAIRE SAS PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES. SUITE AUX DEMANDES DE PLUSIEURS AUTRES PROJETS SUR LE MÊME SECTEUR D'IMPLANTATION, LES SERVICES DE L'ÉTAT ONT SOUHAITÉ METTRE EN SUSPENS L'INSTRUCTION DU PROJET AFIN DE RÉALISER UNE ÉTUDE SUR LA SATURATION PAYSAGÈRE LIÉE À L'ENSEMBLE DES PROJETS IDENTIFIÉS. CETTE DÉMARCHE A INDUIT LA TENUE DE PLUSIEURS RÉUNIONS ET NÉCESSITÉ LA RÉALISATION D'UNE ÉTUDE SPÉCIFIQUE PAR L'AGENCE SILLAGE.

SUITE AU RENDU DE CETTE ÉTUDE, PNE FRANCE A TRAVAILLÉ SUR UNE MISE À JOUR DU PROJET PERMETTANT DE RÉDUIRE L'EMPRISE DU PROJET ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES DANS LE PAYSAGE ET S'INSCRIRE EN COHÉRENCE AVEC LES AUTRES PROJETS ÉOLIENS DU TERRITOIRE. CETTE VOLONTÉ DE RÉPONDRE FAVORABLEMENT AUX PRÉCONISATIONS DES SERVICES DE L'ÉTAT INDUIT LA RÉDACTION DE VOLETS COMPLÉMENTAIRES AU DOSSIER INITIAL AFIN DE RÉPONDRE AUX DEMANDES DE COMPLÉMENTS ET PRÉSENTER LE PROJET MIS À JOUR AINSI QUE SES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT.

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE DE L'ÉTUDE DE DANGERS

B. LE CONTEXTE GÉNÉRAL

B.1 L'OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS

Le projet éolien des Grenouillettes, porté par la société Parc Éolien des Grenouillettes et développé par la société WKN France, nécessite une autorisation au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). À ce titre, il doit faire l'objet d'une étude de dangers préalable accompagnée de son résumé non technique.

L'étude de dangers expose les dangers que peut présenter le parc éolien en cas d'incident ou d'accident et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets d'un accident. L'article D.181-15-2 du code de l'environnement précise que « l'*étude de dangers 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 les exigences de cet article, l'objectif du résumé non technique de l'étude de dangers est quant à lui « *d'expliciter la probabilité et la cinétique des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie agrégée par type d'effet des zones de risques significatifs.* »

B.2 L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints (les éoliennes), la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne. Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur (cf. carte page **Erreur ! Signet non défini.**).

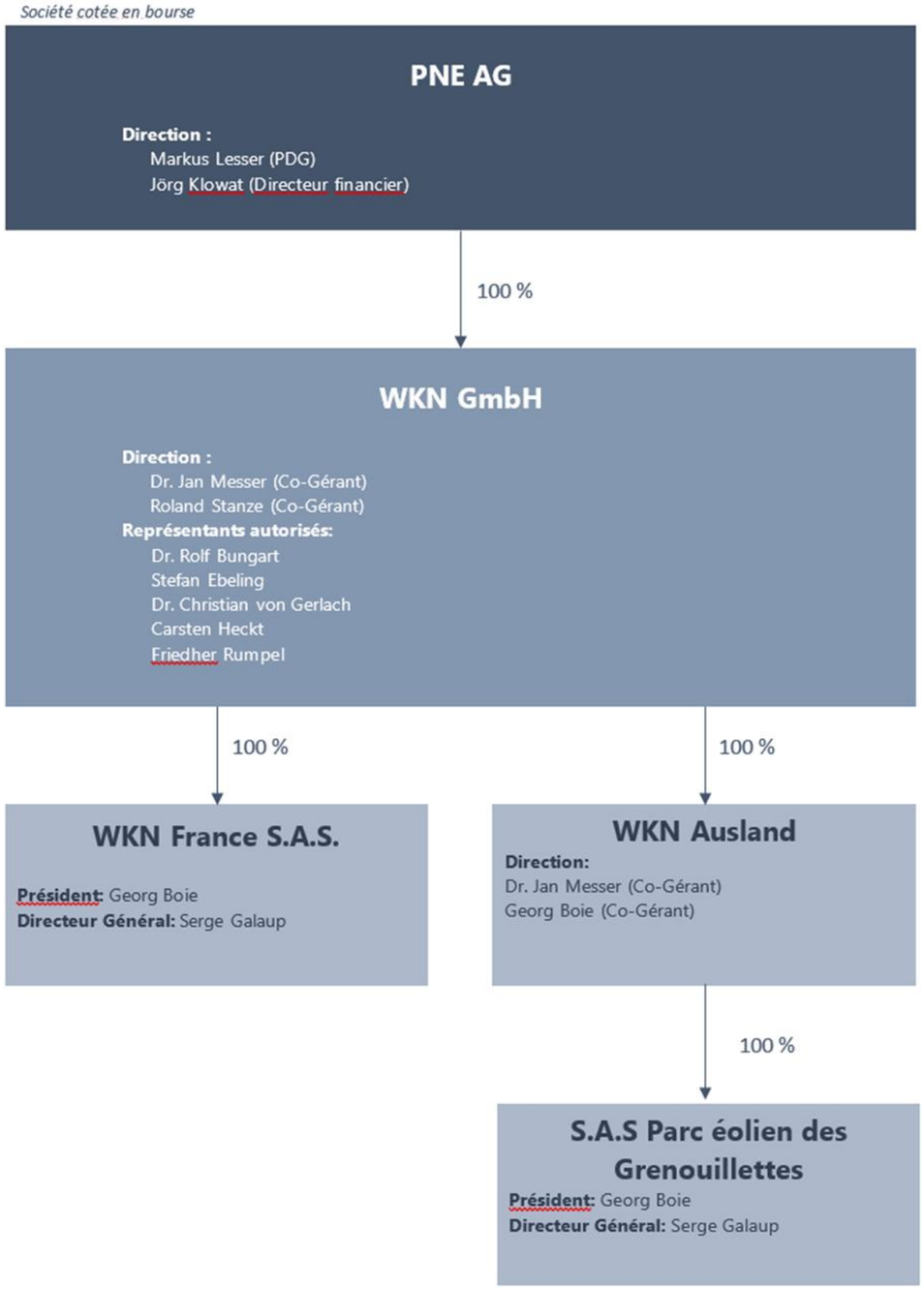
La définition de la zone d'étude n'intègre pas les postes de livraison électrique. Les modélisations réalisées dans le cadre du guide sur les études de dangers ont en effet démontré l'absence d'effet à l'extérieur d'un poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

B.3 LA PRÉSENTATION DU PÉTITIONNAIRE

Le projet de parc éolien des Grenouillettes a été développé par la société WKN France. Le pétitionnaire, demandeur de l'autorisation environnementale pour le parc éolien des Grenouillettes, est la société Parc Éolien des Grenouillettes. Ces deux sociétés sont filiales à 100% de WKN GmbH, elle-même filiale à 100 % du groupe PNE AG (société cotée en bourse). La société Parc Éolien des Grenouillettes a spécifiquement été créée pour la construction et l'exploitation du parc éolien des Grenouillettes.

Le présent résumé non technique vise à présenter une synthèse des dangers potentiels induits par le parc éolien des Grenouillettes porté par la société Parc Éolien des Grenouillettes.

Figure 1 : diagramme organisationnel Projet de parc éolien des Grenouillettes SAS



C. LA DESCRIPTION DU PROJET ÉOLIEN (ET DE SON ÉVOLUTION LORS DE L'INSTRUCTION)

C.1 PRÉSENTATION DU PROJET ÉOLIEN INITIAL À 6 ÉOLIENNES

Ce projet correspond à la version initiale envisagée du parc éolien des Grenouillettes ayant fait l'objet d'un dépôt de demande d'autorisation environnementale en septembre 2023.

Tableau 1 : volume des activités du parc éolien des Grenouillettes

CARACTÉRISTIQUES	VOLUME
Nombre d'éoliennes initial	6
Puissance électrique unitaire de chaque éolienne	7 MW maximum pour E1 et E2 4,2 MW maximum pour E3 et E4 5 MW maximum pour E5 et E6
Puissance électrique totale du parc éolien	32,4 MW maximum
Production électrique annuelle estimée	72 000 MWh environ
Production électrique estimée sur 20 ans	1 440 000 MWh environ

Le parc éolien des Grenouillettes initialement envisagé était constitué de manière permanente des installations et aménagements suivants :

- 6 éoliennes sur fondation ;
- 2 postes de livraison électrique (PDL) ;
- 4 814 ml de réseau électrique inter-éolien.

Un gabarit maximum d'éolienne avait été défini afin de pouvoir réaliser l'étude d'impact sur l'environnement et permettre aux services de l'État de se positionner sur des installations aux dimensions connues. Les éoliennes qui seront installées ne pourront dépasser les dimensions du gabarit définies ci-après. Notons que le gabarit des éoliennes avait été adapté pour prendre en compte les contraintes du site, il différait donc en fonction des éoliennes.

Tableau 2 : le gabarit maximum des éoliennes du projet éolien des Grenouillettes

CARACTÉRISTIQUES DES ÉOLIENNES	ÉOLIENNES E1 ET E2	ÉOLIENNES E3 ET E4	ÉOLIENNES E5 ET E6
Hauteur au moyeu	113 m maximum	99 m maximum	114 m maximum
Diamètre du rotor	163 m maximum	136 m maximum	145 m maximum
Hauteur totale (bout de pale)	194,5 m maximum	165 m maximum	180 m maximum
Garde au sol (distance en bas de pale et sol)	30 m minimum	30 m minimum	35 m minimum
Diamètre de fondation	28 m maximum	28 m maximum	28 m maximum

Le parc éolien des Grenouillettes initialement envisagé était constitué de 6 éoliennes, 2 postes de livraison et d'un réseau électrique inter-éolien. Il était accompagné d'aménagements annexes nécessaires à la construction et à l'exploitation de ces installations (chemins d'accès, aires de grutage…).

Projet initial à 6 éoliennes

C.2 PRÉSENTATION DU PROJET ÉOLIEN MODIFIÉ À 4 ÉOLIENNES

Le volume des activités du parc éolien des Grenouillettes modifié lors de l'instruction du dossier de demande d'autorisation environnementale et finalement retenu est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : volume des activités du parc éolien des Grenouillettes

CARACTÉRISTIQUES	VOLUME
Nombre d'éoliennes	4
Puissance électrique unitaire de chaque éolienne	7 MW maximum pour E0, E1 et E2 4,2 MW maximum pour E3
Puissance électrique totale du parc éolien	25,2 MW maximum
Production électrique annuelle estimée	53 000 MWh environ
Production électrique estimée sur 20 ans	1 060 000 MWh environ

Le parc éolien des Grenouillettes modifié sera constitué de manière permanente des installations et aménagements suivants :

- 4 éoliennes sur fondation ;
- 2 postes de livraison électrique (PDL) ;
- 5 429 ml de réseau électrique inter-éolien.

Un gabarit maximum d'éolienne a été défini afin de pouvoir réaliser l'étude d'impact sur l'environnement et permettre aux services de l'État de se positionner sur des installations aux dimensions connues. Les éoliennes qui seront installées ne pourront dépasser les dimensions du gabarit définies ci-après. Notons que le gabarit des éoliennes a été adapté pour prendre en compte les contraintes du site, ils diffèrent donc en fonction des éoliennes.

Tableau 4 : le gabarit maximum des éoliennes du projet éolien des Grenouillettes

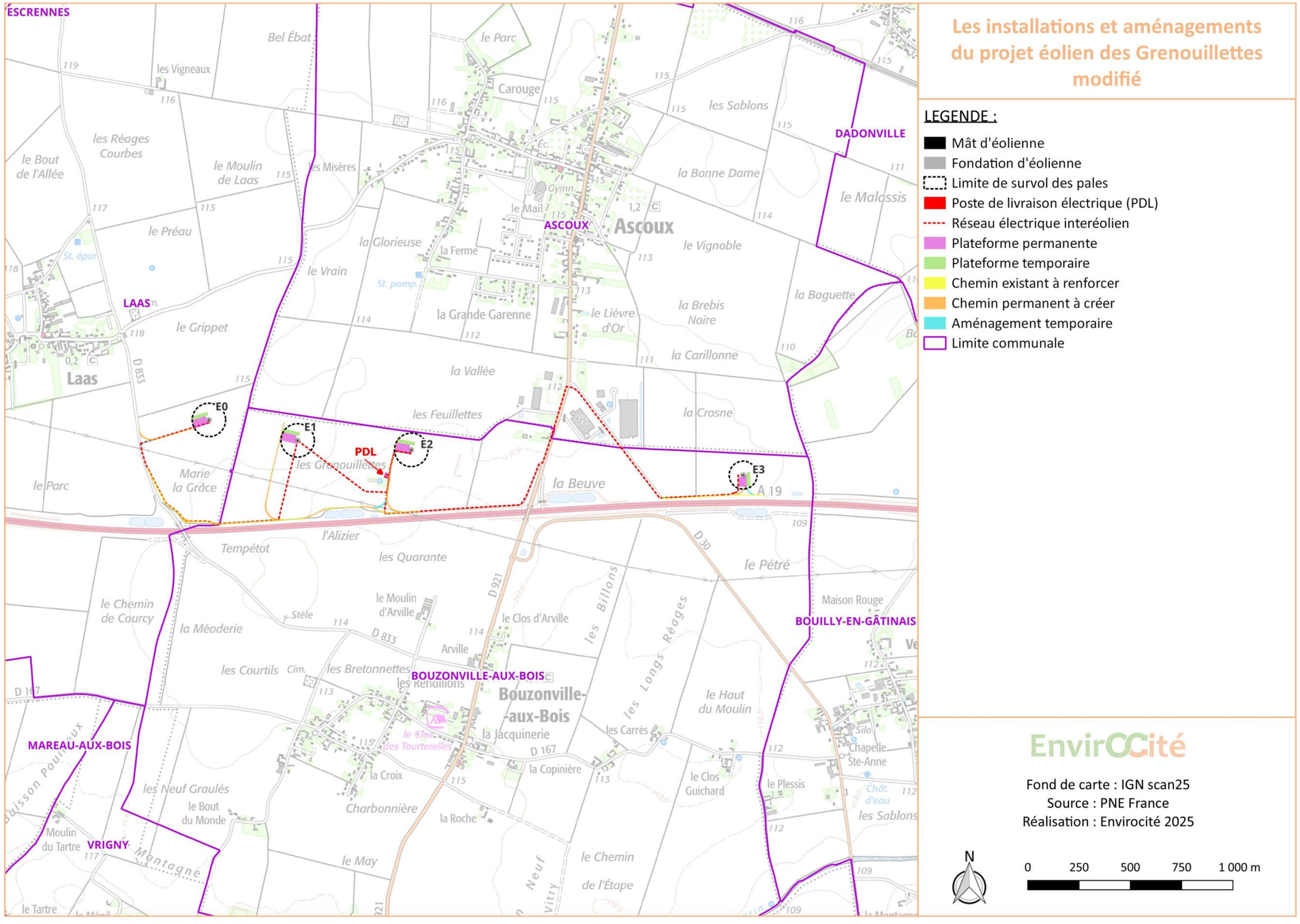
CARACTÉRISTIQUES DES ÉOLIENNES	ÉOLIENNES E0, E1 ET E2	ÉOLIENNE E3
Hauteur au moyeu	113 m maximum	99 m maximum
Diamètre du rotor	163 m maximum	136 m maximum
Hauteur totale (bout de pale)	194,5 m maximum	165 m maximum
Garde au sol (distance en bas de pale et sol)	30 m minimum	30 m minimum
Diamètre de fondation	28 m maximum	28 m maximum

Le parc éolien des Grenouillettes modifié sera constitué de 4 éoliennes, 2 postes de livraison et d'un réseau électrique inter-éolien. Il sera accompagné d'aménagements annexes nécessaires à la construction et à l'exploitation de ces installations (chemins d'accès, aires de grutage…).

Projet adapté à 4 éoliennes

C.3 LA LOCALISATION DES INSTALLATIONS

Les installations projetées seront localisées sur les communes de Bouzonville-aux-Bois et Laas dans le département du Loiret. La localisation précise des installations et des aménagements annexes est présentée sur la carte ci-après.



Carte 1 : le projet éolien des Grenouillettes modifié à 4 éoliennes (projet final)

D. LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DU PROJET INITIAL À 6 ÉOLIENNES

LA PRÉSENTE PARTIE CONCERNE QUE LES SIX ÉOLIENNES DU PROJET INITIAL DU PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES DONT LE DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE A ÉTÉ DÉPOSÉ LE 1ER SEPTEMBRE 2023. LES ÉOLIENNES E1, E2 ET E3 SONT MAINTENUES EN L'ÉTAT DANS LE PROJET MODIFIÉ À QUATRE ÉOLIENNES FINALEMENT RETENU. NOTONS QUE LES ÉOLIENNES E4, E5 ET E6 DU PROJET INITIAL ONT ÉTÉ SUPPRIMÉ DU PROJET FINAL.

D.1 L'ENVIRONNEMENT HUMAIN

D.1.1L'HABITAT

L'aire d'étude de dangers du projet éolien des Grenouillettes se localise sur les communes de Bouzonville-aux-Bois, Ascoux, Laas et Bouilly-en-Gâtinais.

Les distances entre les habitations et les éoliennes les plus proches de l'installation sont présentées ci-dessous. L'habitation occupée la plus proche est située à 578 m de l'éolienne E2. Aucun lieu habité n'est recensé dans l'aire d'étude de dangers (rayon de 500 m autour des éoliennes).

Tableau 5 : distance entre les habitations, zones urbanisables à destination et les éoliennes les plus proches

ÉOLIENNE	LIEU DE VIE LE PLUS PROCHE	COMMUNE	DISTANCE ENTRE L'HABITATION ET LE MAT DE L'ÉOLIENNE LA PLUS PROCHE
E1	Frange est du bourg de Laas	LAAS	1 011 m
E2	Les Feuillettes	BOUZONVILLE-AUX-BOIS	578 m
E3	Les Feuillettes	BOUZONVILLE-AUX-BOIS	965 m

Aucun bâtiment n'est répertorié au sein de l'aire d'étude de dangers.

D.1.2LES ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC

Aucun établissement recevant du public n'est recensé dans l'aire d'étude de dangers.

D.1.3LES INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Aucune installation nucléaire de base n'est recensée dans l'aire d'étude de dangers.

L'installation classée la plus proche du projet concerne l'établissement CAROLL (entrepôt de vêtements) situé dans la zone d'activité de la Crosne. Elle se localise à 545 m de l'éolienne la plus proche (E3). Cette installation est soumise au régime d'autorisation ICPE pour la rubrique 1510 « entrepôt autorisé » pour un volume de 177 193 m^3. Elle est par ailleurs soumise au régime de déclaration pour le stockage de pneumatiques, la combustion, la charge d'accumulateurs et le stockage de produits pétroliers spécifiques et carburants de substitution. Les risques liés à cette installation concernent principalement le risque incendie, notamment lié au stockage de matériaux inflammables. Ce type de risque s'inscrit uniquement dans l'emprise de l'installation et n'est pas de nature à engendrer des incidences notables au sein de l'aire d'étude de dangers du projet éolien des Grenouillettes.

Un site SEVESO seuil haut, l'établissement FM France, est présent le long de l'autoroute A19 à environ 2,4 km des éoliennes du projet (distance calculée en tenant compte de l'extension vers l'est de cet établissement autorisée par arrêté du 10/07/2023). Ce site fait l'objet de servitudes d'utilité publique instituées par arrêté préfectoral du 10/07/2023 qui concernent des parcelles adjacentes aux bâtiments d'exploitation. Elles ne sont pas de nature à induire une servitude au droit des installations et aménagements du projet éolien des Grenouillettes. Par ailleurs, au regard de l'éloignement de ce site SEVESO, il n'engendre aucun risque industriel (effets thermiques ou toxiques) sur l'aire d'étude de dangers du projet éolien des Grenouillettes.

D.1.4LES AUTRES ACTIVITÉS

Seule l'activité agricole est recensée au sein de l'aire d'étude de dangers.

D.2 L'ENVIRONNEMENT NATUREL

D.2.1LES RISQUES CLIMATIQUES

L'aire d'étude de dangers se localise sur la partie centrale du territoire français, elle est concernée par un climat océanique, altéré par des influences continentales périodiques, qui présente les caractéristiques suivantes :

- Des températures relativement douces toute l'année avec un minimum de 4,4°C recensé en moyenne au mois de janvier et un maximum de 19,7°C recensé en moyenne aux mois de juillet et août ;
- Des précipitations régulières sur l'année avec un maximum de 63 mm recensé en mai et un minimum de 44,2 mm recensé en mars ;
- Un ensoleillement modéré avec de grandes différences saisonnières, le maximum de 232 h par mois est recensé en juillet et le minimum de 60,9 heures par mois est recensé en décembre ;
- Des gelées assez fréquentes en hiver avec 48,6 jours en moyenne de températures inférieures à 0°C relevés chaque année mais de fortes gelées (T ≤ -5°C) assez rares avec seulement 7,1 jours recensés en moyenne par an.

Le climat n'induit donc pas de risques climatiques marqués sur l'aire d'étude de dangers. Seule la possibilité de gel en période hivernal est notée sur des occurrences limitées.

D.2.2LES RISQUES NATURELS

Les risques naturels ayant fait l'objet d'arrêtés de catastrophes naturelles sur les communes de l'aire d'étude de dangers concernent essentiellement les inondations, les coulées de boue, les mouvements de terrain, les affaissements et effondrements (cavités souterraines hors mines) et les tassements différentiels (aléa retrait/gonflement d'argiles). Les risques naturels identifiés sur l'aire d'étude de dangers sont les suivants :

- Un risque faible de foudroiement lié aux orages avec en moyenne 0,8 arcs/km²/an ;
- Un risque de tempête modéré au regard de la position de l'aire d'étude de dangers à l'écart de toute façade littorale ;
- Un risque d'incendie très faible en l'absence de parcelles boisées ;
- Un risque sismique très faible ;
- Un risque de mouvements de terrain et de cavités modéré ;
- Un aléa retrait/gonflement d'argiles nul pour les éoliennes E3 et E4, modéré pour les éoliennes E1, E2, E5 et E6 ;
- Un risque d'inondation nul au regard de l'absence de cours d'eau et de la position topographique en point haut de la majeure partie de l'aire d'étude de dangers.

Les risques naturels sont donc globalement limités sur l'aire d'étude de dangers.

D.3 L'ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

D.3.1 LES CONTRAINTES RADARS ET AÉRONAUTIQUES

Concernant l'aviation civile, le projet éolien sera situé à plus des 5 km de l'éloignement recommandé de tout aérodrome. Il respectera les distances ce recul aux radars de l'aviation civile indiquées dans l'arrêté du 22 juin 2020 modifiant l'arrêté du 26 août 2011. Le gabarit des éoliennes a été défini afin de respecter l'altitude maximale en bout de pale de 309 m NGF préconisée par l'aviation civile pour le pas perturber les arrivées omnidirectionnelles (MSA) de l'aérodrome d'Orléans/Saint-Denis-de-l'Hôtel. Les éoliennes présenteront une altitude maximale en bout de pale de 308,3 m NGF pour E1, 305,7 m NGF pour E2, 275,5 m NGF pour E3, 275,3 m NGF pour E4, 292,4 m NGF pour E5 et 292,3 m NGF pour E6.

Les éoliennes projetées se situent en dehors de toute zone de servitude définie par les services de l'armée. Le projet éolien des Grenouillettes n'aura donc aucun impact sur les activités de l'armée.

L'aire d'étude de dangers se situe à une distance de 75 km du radar le plus proche utilisé dans le cadre des missions de sécurité météorologique des personnes et des biens, à savoir le radar bande C de Trappes. Les installations du projet éolien ne perturberont pas le fonctionnement des radars utilisés par Météo-France pour assurer la sécurité météorologique des personnes et des biens.

D.3.2 LES VOIES DE COMMUNICATION

Deux voies de communication sont répertoriées au sein de l'aire d'étude de dangers :

- L'autoroute A19 qui accueillait un trafic moyen journalier de 9 324 véhicules par jour, dont 13,5 % de poids lourds, en 2019. Cet axe appartient au réseau autoroutier national. L'A19 est considérée comme un axe routier structurant (trafic > 2 000 véhicules/jour) ;
- La RD30 qui accueille un trafic moyen journalier de 1 769 véhicules par jour, dont 11,6 % de poids lourds. La RD30 n'est pas considérée comme un axe routier structurant (trafic < 2 000 véhicules/jour).

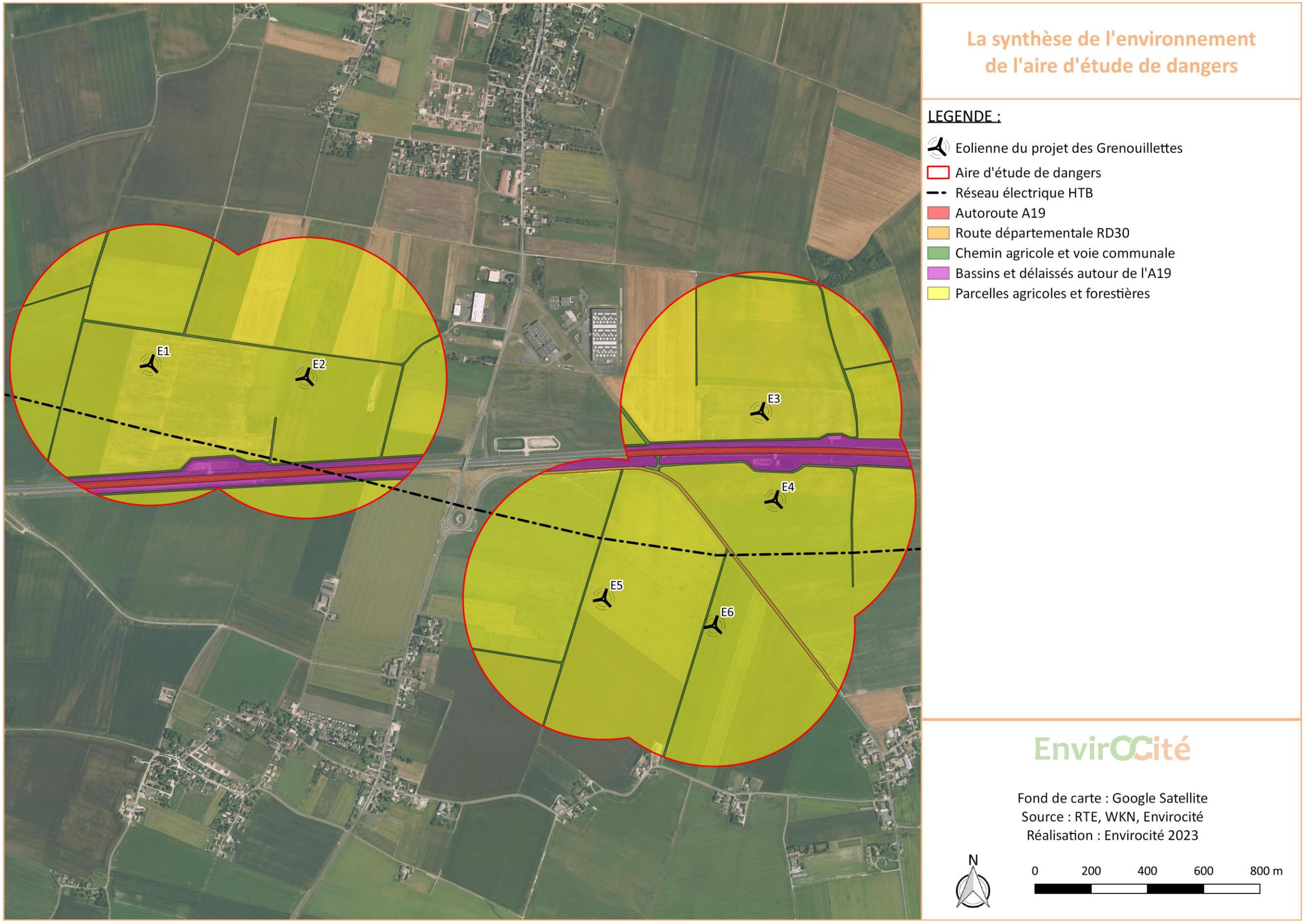
L'autoroute A19 est concernée par une bande inconstructible de 100 m de part et d'autre de son axe. L'éolienne la plus proche (E3) sera distante de 123 m de la bande d'arrêt d'urgence de l'A19 et 135 m de l'axe de l'autoroute. Le projet respecte donc le recul réglementaire à cet axe routier.

D.3.3 LES RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

Deux lignes HTB 400 000 Volts sont localisées au sein de l'aire d'étude de dangers : les lignes DAMBRON – GATINAIS 1 et DAMBRON – GATINAIS 2. Elles disposent des mêmes pylônes de support. Ces lignes électriques présentent un caractère stratégique pour le réseau de transport HTB et participent à l'interconnexion du réseau national et régional.

Les éoliennes du projet des Grenouillettes respecteront la recommandation de RTE pour l'implantation des éoliennes, à savoir un recul d'une hauteur totale + 3 m au câble le plus proche. L'éolienne la plus proche (E4) présente une hauteur totale de 165 m et sera située à 169 m du câble le plus proche (soit une hauteur totale + 4 m). Les éoliennes du projet des Grenouillettes n'induiront donc pas de risque notable pour ce réseau électrique HTB.

L'aire d'étude de dangers est essentiellement concernée par des parcelles agricoles et des chemins d'exploitation agricole. Notons la présence de l'autoroute A19 (route structurante) et de la RD30 (route non structurante) qui concentrent la fréquentation humaine. L'aire d'étude de dangers est également traversée par deux lignes électriques HTB 400 kV exploitées par RTE. Pour autant, les éoliennes respectent les recommandations de recul préconisées par RTE à ces réseaux.



Carte 2 : la synthèse de l'environnement de l'aire d'étude de dangers

E. LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'ÉOLIENNE E0

LA PRÉSENTE PARTIE NE CONCERNE QUE L'ÉOLIENNE E0, INSTALLATION AJOUTÉE AU PROJET INITIAL DU PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES.

E.1.1L'ENVIRONNEMENT HUMAIN

E.1.2L'HABITAT

L'aire d'étude de dangers de l'éolienne E0 du projet éolien des Grenouillettes concerne les communes de Laas, Bouzonville-aux-Bois et Ascoux.

L'habitation occupée la plus proche de l'éolienne E0 est située à 584 m. Elle concerne une habitation localisée en frange est du bourg de Laas.Aucun lieu habité n'est recensé dans l'aire d'étude de dangers (rayon de 500 m autour des éoliennes).

Tableau 6 : distance entre les habitations, zones urbanisables à destination et l'éolienne E0

ÉOLIENNE	LIEU DE VIE LE PLUS PROCHE	COMMUNE	DISTANCE ENTRE L'HABITATION ET LE MAT DE L'ÉOLIENNE LA PLUS PROCHE
E0	Frange est du bourg de Laas	LAAS	584 m

Aucun bâtiment n'est répertorié au sein de l'aire d'étude de dangers.

E.1.3LES ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC

Aucun établissement recevant du public n'est recensé dans l'aire d'étude de dangers.

E.1.4LES INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Aucune installation nucléaire de base n'est recensée dans l'aire d'étude de dangers.

L'installation classée la plus proche du projet concerne l'établissement HERA (ex CAROLL, entrepôt de stockage, situé dans la zone d'activité de la Crosne. Elle se localise à 1,9 km à l'est de l'éolienne E0. Cette installation est soumise au régime d'enregistrement ICPE pour la rubrique 1510 « entrepôt autorisé » pour un volume de 177 193 m^3. Elle est par ailleurs soumise au régime de déclaration pour le stockage de pneumatiques, la combustion et le stockage de produits pétroliers spécifiques et carburants de substitution. Les risques liés à cette installation concernent principalement le risque incendie, notamment lié au stockage de matériaux inflammables. Ce type de risque s'inscrit uniquement dans l'emprise de l'installation et n'est pas de nature à engendrer des incidences notables au sein de l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E0 du projet éolien des Grenouillettes.

Un site SEVESO seuil haut, l'établissement FM France, est présent le long de l'autoroute A19 à environ 2,3 km des éoliennes du projet (distance calculée en tenant compte de l'extension vers l'est de cet établissement autorisé par arrêté du 10/07/2023). Ce site fait l'objet de servitudes d'utilité publique instituées par arrêté préfectoral du 10/07/2023 qui concernent des parcelles adjacentes aux bâtiments d'exploitation. Elles ne sont pas de nature à induire une servitude au droit des installations et aménagements du projet éolien des Grenouillettes. Par ailleurs, au regard de l'éloignement de ce site SEVESO, il n'engendre aucun risque industriel (effets thermiques ou toxiques) sur l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E0 du projet éolien des Grenouillettes.

E.1.5LES AUTRES ACTIVITÉS

L'activité agricole domine largement l'aire d'étude de dangers. Seule une zone de stockage de déchets verts est également présente au sud du bâtiment professionnel du paysagiste Thibault MASONNEAU. Cette zone présente une emprise totale de 8 386 m² (0,84 ha), dont 7 792 m² (0,78 ha) sont compris dans l'aire d'étude de dangers. La fréquentation maximale simultanée de cette zone est évaluée à 1 personne.

E.2 L'ENVIRONNEMENT NATUREL

E.2.1LES RISQUES CLIMATIQUES

L'aire d'étude de dangers se localise sur la partie centrale du territoire français, elle est concernée par un climat océanique, altéré par des influences continentales périodiques, qui présente les caractéristiques suivantes :

- Des températures relativement douces toute l'année avec un minimum de 4,4°C recensé en moyenne au mois de janvier et un maximum de 19,7°C recensé en moyenne aux mois de juillet et août ;
- Des précipitations régulières sur l'année avec un maximum de 63 mm recensé en mai et un minimum de 44,2 mm recensé en mars ;
- Un ensoleillement modéré avec de grandes différences saisonnières, le maximum de 232 h par mois est recensé en juillet et le minimum de 60,9 heures par mois est recensé en décembre ;
- Des gelées assez fréquentes en hiver avec 48,6 jours en moyenne de températures inférieures à 0°C relevés chaque année mais de fortes gelées (T ≤ -5°C) assez rares avec seulement 7,1 jours recensés en moyenne par an.

Le climat n'induit donc pas de risques climatiques marqués sur l'aire d'étude de dangers. Seule la possibilité de gel en période hivernal est notée sur des occurrences limitées.

E.2.2LES RISQUES NATURELS

Les risques naturels ayant fait l'objet d'arrêtés de catastrophes naturelles sur les communes de l'aire d'étude de dangers concernent essentiellement les inondations, les coulées de boue, les mouvements de terrain, les affaissements et effondrements (cavités souterraines hors mines) et les tassements différentiels (aléa retrait/gonflement d'argiles). Les risques naturels identifiés sur l'aire d'étude de dangers sont les suivants :

- Un risque faible de foudroiement lié aux orages avec en moyenne 0,8 arcs/km²/an ;
- Un risque de tempête modéré au regard de la position de l'aire d'étude de dangers à l'écart de toute façade littorale ;
- Un risque d'incendie très faible en l'absence de parcelles boisées ;
- Un risque sismique très faible ;
- Un risque de mouvements de terrain et de cavités modéré ;
- Un aléa retrait/gonflement d'argiles modéré pour l'éolienne E0 ;
- Un risque d'inondation nul au regard de l'absence de cours d'eau et de la position topographique en point haut de l'aire d'étude de dangers.

Les risques naturels sont donc globalement limités sur l'aire d'étude de dangers.

E.3 L'ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

E.3.1 LES CONTRAINTES RADARS ET AÉRONAUTIQUES

Concernant l'aviation civile, le projet éolien sera situé à plus des 5 km de l'éloignement recommandé de tout aérodrome. Il respectera les distances ce recul aux radars de l'aviation civile indiquées dans l'arrêté du 22 juin 2020 modifiant l'arrêté du 26 août 2011.

Par courrier du 5 août 2021, la DGAC indique que la zone du projet se localise dans le périmètre de protection du VOR(C)-PTV. Toutefois, au vu de la publication officielle sur le retrait de certains VOR dans le cadre du réseau minimum, le VOR(C)-PTV a cessé son activité au 31 décembre 2022. La contrainte liée à ce VOR n'est donc plus opérationnelle et n'empêche plus l'implantation d'éolienne. Aussi La contrainte à 2000 pieds indiquée dans ce même courrier du 5 aout 2021 limitant à 309 NGF semble ne plus exister.

La contrainte aujourd'hui la plus restrictive lié à l'aérodrome d'Orléans-Saint-Denis-de-l'Hôtel se situe à 2100 pieds correspondant à une altitude de 340 m. Les éoliennes présenteront une altitude maximale en bout de pale de 309,9 m NGF pour E0, 308,3 m NGF pour E1, 305,7 m NGF pour E2 et 275,5 m NGF pour E3. Elles respecteront donc l'altitude maximale de 340 m définie par l'aviation civile.

L'éolienne E0 se situent en dehors de toute zone de servitude définie par les services de l'armée. Le projet éolien des Grenouillettes n'aura donc aucun impact sur les activités de l'armée.

L'aire d'étude de dangers se situe à une distance de 75 km du radar le plus proche utilisé dans le cadre des missions de sécurité météorologique des personnes et des biens, à savoir le radar bande C de Trappes. Les installations du projet éolien ne perturberont pas le fonctionnement des radars utilisés par Météo-France pour assurer la sécurité météorologique des personnes et des biens.

E.3.2 LES VOIES DE COMMUNICATION

Seule la RD883 est présente au sein de l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E0. Cet axe routier accueillait en 2023 un trafic moyen journalier de 1 191 véhicules par jour, dont 58 de poids lourds à l'est du bourg de Laas, au sein de l'aire d'étude de dangers (comptage du CD45 au PR0002+0752_Laas). La RD883 n'est pas considérée comme un axe routier structurant (trafic < 2 000 véhicules/jour).

L'autoroute A19 est distante de 530 m de l'éolienne E0, cet axe structurant est donc localisé en dehors de l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E0. Le projet respecte donc le recul réglementaire de 100 m à cet axe routier et n'induit aucun risque en lien avec celle-ci.

E.3.3 LES RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

Deux lignes HTB 400 000 Volts sont localisées au sein de l'aire d'étude de dangers : les lignes DAMBRON – GATINAIS 1 et DAMBRON – GATINAIS 2. Elles disposent des mêmes pylônes de support. Ces lignes électriques présentent un caractère stratégique pour le réseau de transport HTB et participent à l'interconnexion du réseau national et régional.

L'éolienne E0 du projet des Grenouillettes respecteront la recommandation de RTE, à savoir un recul d'une hauteur totale + 3 m au câble le plus proche. L'éolienne E0 présente une hauteur totale de 194,5 m et sera située à 206 m du câble le plus proche (soit une hauteur totale + 11,5 m). Elle n'induira donc pas de risque notable pour ce réseau électrique HTB.

L'aire d'étude de dangers est essentiellement concernée par des parcelles agricoles et des chemins d'exploitation agricole. Notons la présence de la RD833 (route non structurante) et d'une zone de stockage de déchets verts qui concentrent la fréquentation humaine. L'aire d'étude de dangers est également traversée par deux lignes électriques HTB 400 kV exploitées par RTE. Pour autant, les éoliennes respectent les recommandations de recul préconisées par RTE à ces réseaux.

E.4 LA CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

L'environnement humain, naturel et matériel de l'étude de dangers de l'éolienne E0 est composé par :

- Des parcelles agricoles sur la quasi-totalité de l'emprise de l'aire d'étude de dangers ;
- La RD833 avec un trafic journalier inférieur à 2 000 véhicules/jour ;
- Des chemins agricoles fréquentés pour l'exploitation des parcelles ;
- Une zone de stockage de déchets verts qui accueille une fréquentation estimée au maximum d'une personnes sur 0,84 ha ;
- La double ligne électrique HTB exploitée par RTE.

Au regard de l'annexe 1 basée sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne), une typologie des terrains présents au sein de l'aire d'étude de dangers a pu être réalisée. Cette démarche a permis d'identifier et de quantifier les personnes et les biens à protéger.

Plusieurs types de zones peuvent ainsi être définies :

- Les parcelles agricoles qui correspondent à des « *terrains non aménagés et très peu fréquentés* » (1 personne pour 100 ha) ;
- Les voies de circulation non structurantes (RD833 et chemins agricoles) qui correspondent à des « *terrains aménagés mais peu fréquentés* » (1 personne pour 10 ha) ;
- La zone de stockage de déchets verts. Le guide de l'INERIS ne précise pas la fréquentation à retenir pour ce type d'activité. Il sera considéré, comme pour les zones d'activité, le nombre maximal de personnes présentes simultanément sur le site. Au regard de la présence maximale d'une personne pour une emprise totale de 0,84 ha, la fréquentation théorique maximale est donc évaluée à 1,2 personnes pour 1 ha.

La carte ci-après localise ces différents types de zones au sein de l'aire d'étude de dangers ainsi que les éléments de l'environnement humain, naturel et matériel à prendre en compte dans l'évaluation des risques d'accident.

L'aire d'étude de dangers est concernée par des parcelles agricoles, une route départementale, des chemins agricoles et une zone de stockage de déchets verts. Elle est traversée par une double ligne électrique HTB.

La description de l'environnement de l'aire d'étude de dangers



Carte 3 : la description de l'environnement de l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E0

F. L'ÉTUDE DES RISQUES D'ACCIDENTS

F.1 L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) menée sur le parc éolien à partir des retours d'expériences sur des installations similaires et de la bibliographie disponible a permis :

- d'identifier les causes et les conséquences potentielles découlant de situations dangereuses provoquées par des dysfonctionnements ;
- de caractériser le niveau de risque de ces événements redoutés.

Les accidents identifiés lors de l'analyse préliminaire des risques sont considérés comme les plus importants, et ont fait l'objet d'une étude détaillée des risques. Les scénarios d'accident issus de l'analyse préliminaire des risques qui ont été retenus dans l'étude de dangers pour être analysés en détail sont listés ci-dessous :

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

F.2 L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

F.2.1 LA MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DES RISQUES

L'analyse des risques s'est appuyée sur le guide technique *« Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens »* publié en mai 2012 par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR).

Elle s'est décomposée, pour chaque scénario mentionné précédemment, en plusieurs étapes successives :

- L'évaluation de l'intensité ;
- L'évaluation de la probabilité ;
- L'évaluation de la gravité.

Cette analyse a permis de qualifier les risques d'accident majeurs et ainsi de déterminer leur acceptabilité.

F.2.2 LES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Les tableaux regroupent les éoliennes qui ont le même gabarit.

Tableau 7 : synthèse des scénarios étudiés pour l'éoliennes E0

SCENARIO	ZONE D'EFFET	CINETIQUE	INTENSITE	PROBABILITE	GRAVITE
Effondrement de l'éolienne (S1)	Disque d'un rayon de 194,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition forte	D	Sérieuse
Chute de glace (S2)	Disque d'un rayon de 81,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
Chute d'élément de l'éolienne (S3)	Disque d'un rayon de 81,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée
Projection de pales ou fragments de pales (S4)	Disque d'un rayon de 500 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieuse
Projection de glace (S5)	Disque d'un rayon de 414 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée

Tableau 8 : synthèse des scénarios étudiés pour les éoliennes E1 et E2

SCÉNARIO	ZONE D'EFFET	CINÉTIQUE	INTENSITÉ	PROBABILITÉ	GRAVITÉ
Effondrement de l'éolienne (S1)	Disque d'un rayon de 194,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition forte	D	Sérieuse
Chute de glace (S2)	Disque d'un rayon de 81,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
Chute d'élément de l'éolienne (S3)	Disque d'un rayon de 81,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée
Projection de pales ou fragments de pales (S4)	Disque d'un rayon de 500 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	D	Importante
Projection de glace (S5)	Disque d'un rayon de 415,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée

Tableau 9 : synthèse des scénarios étudiés pour l'éolienne E3

SCÉNARIO	ZONE D'EFFET	CINÉTIQUE	INTENSITÉ	PROBABILITÉ	GRAVITÉ
Effondrement de l'éolienne (S1)	Disque d'un rayon de 165 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition forte	D	Importante pour E3 Sérieuse pour E4
Chute de glace (S2)	Disque d'un rayon de 68 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
Chute d'élément de l'éolienne (S3)	Disque d'un rayon de 68 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition forte	C	Sérieuse
Projection de pales ou fragments de pales (S4)	Disque d'un rayon de 500 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	D	Importante
Projection de glace (S5)	Disque d'un rayon de 352,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée

Pour conclure à l'acceptabilité ou non des risques, la matrice de criticité, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessous a été utilisée.

Légende de la matrice :

NIVEAU DE RISQUE	COULEUR	ACCEPTABILITÉ
Risque très faible		Acceptable
Risque faible		Acceptable
Risque important		Non acceptable

Tableau 10 : synthèse des scénarios étudiés pour l'éolienne E0 (source : guide technique, mai 2012)

GRAVITÉ DES CONSÉQUENCES	CLASSE DE PROBABILITÉ				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		***S1, S4***			
Modéré			***S3***	***S5***	***S2***

Pour l'éolienne E0, quatre scénarios présentent des risques très faibles (effondrement d'éolienne, chute d'élément d'éolienne, projection de glace, projection de pale ou fragments de pale) et un scénario présente un risque faible (S2 : chute de glace). Tous les scénarios d'accident sont jugés acceptables.

Tableau 11 : synthèse des scénarios étudiés pour les éoliennes E1 et E2 (source : guide technique, mai 2012)

GRAVITÉ DES CONSÉQUENCES	CLASSE DE PROBABILITÉ				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		***S4***			
Sérieux		***S1***			
Modéré			***S3***	***S5***	***S2***

Pour les éoliennes E1 et E2, trois scénarios présentent des risques très faibles (effondrement d'éolienne, chute d'élément d'éolienne, projection de glace) et deux scénarios présentent des risques faibles (chute de glace, projection de pale ou fragments de pale). Tous les scénarios d'accident sont jugés acceptables.

Tableau 12 : synthèse des scénarios étudiés pour l'éolienne E3(source : guide technique, mai 2012)

GRAVITÉ DES CONSÉQUENCES	CLASSE DE PROBABILITÉ				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		***S1 (E3), S4***			
Sérieux		***S1 (E4)***	***S3***		
Modéré				***S5***	***S2***

Pour l'éolienne E3, un scénario présente des risques très faibles (projection de glace) et quatre scénarios présentent des risques faibles (effondrement d'éolienne, chute de glace, chute d'éléments et projection de pale ou fragments de pale).

La cartographie agrégée par type d'effet des zones de risques significatifs est présentée à la fin du présent document.

F.3 LES MESURES DE MAÎTRISE DE RISQUE

Afin d'éviter et de réduire les risques de dangers, le maître d'ouvrage retiendra un modèle d'éolienne qui présentera les dispositifs de sécurité suivants :

- Un système de freinage des pales ;
- Un système de contrôle en cas de tempête qui permet de limiter progressivement la puissance (et donc la vitesse de rotation) par le réglage de l'angle des pales du rotor ;
- Un système parafoudre.

Pour les scénarios ayant conduit à un niveau de risque jugé faible (risque d'effondrement pour E3, chute de glace pour toutes les éoliennes, chute d'éléments pour E3 et E4, projection de pale pour E1, E2, E3 et E4), des mesures de maîtrise de risque spécifiques seront mise en œuvre (système de détection/déduction de formation de glace, tests et maintenance régulière des fixations et équipements de sécurité, prévention de l'échauffement des pièces mécaniques, arrêt des éoliennes en cas de tempête). Des panneaux d'information sur les risques liés aux installations seront par ailleurs installés à proximité des éoliennes.



Photo 1 : exemple de panneau de prévention des risques sur un parc éolien

Il Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- **Le scénario S1 d'effondrement d'éolienne présente un risque très faible pour les éoliennes E0, E1, E2, et un risque faible pour l'éolienne E3. Le risque d'effondrement d'éolienne est ainsi jugé acceptable pour l'ensemble des éoliennes ;**
- **Le scénario S2 de chute de glace présente un risque faible pour l'ensemble des éoliennes. Le risque de chute de glace est ainsi jugé acceptable pour l'ensemble des éoliennes ;**
- **Le scénario S3 de chute d'éléments présente un risque très faible pour les éoliennes E0, E1, E2, et un risque faible pour E3. Le risque de chute d'éléments est ainsi jugé acceptable pour l'ensemble des éoliennes ;**
- **Le scénario S4 de projection de pale présente un risque très faible pour les éoliennes E0, E1, E2, et un risque faible pour l'éolienne E3. Le risque de projection de pale est ainsi jugé acceptable pour l'ensemble des éoliennes ;**
- **Le scénario S5 de projection de glace présente un risque très faible pour l'ensemble des éoliennes. Le risque**

Aucun scénario accident n'apparaît dans les cases rouges « non acceptables » de la matrice.



La synthèse de l'acceptabilité des risques du parc éolien des Grenouillettes

LEGENDE :

- Eolienne du projet des Grenouillettes
- Limite d'effet du risque de chute de glace et d'éléments
- Limite d'effet du risque d'effondrement d'éolienne
- Limite d'effet du risque de projection de glace
- Limite d'effet du risque de projection de pale et fragments de pale
- Niveau de risque faible (acceptable)
- Niveau de risque très faible (acceptable)

EnvirOCité

Fond de carte : Google Satellite
Source : WKN, Envirocité
Réalisation : Envirocité 2026

N

0 200 400 600 800 m

Carte 4 : la synthèse de l'acceptabilité des risques du projet éolien des Grenouillettes

ÉTUDE DE DANGERS

G. INTRODUCTION

G.1 LES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société Parc Éolien des Grenouillettes pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du projet de parc éolien des Grenouillettes situé sur la commune de Bouzonville-aux-Bois.

Elle vise également à s'assurer que le parc éolien est technologiquement réalisable et économiquement acceptable Elle analyse les causes des risques qu'ils 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 six éoliennes du parc des Grenouillettes. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien des Grenouillettes, 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.

Ce document a été réalisé à partir du modèle d'étude de dangers spécifique aux installations éoliennes validé par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) en mai 2012.

G.2 LE CONTEXTE LÉGISLATIF ET RÉGLEMENTAIRE

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du code de l'environnement relative aux installations classées.

L'article D. 181-15-2, créé par le décret n° 2017-82 du 26 janvier 2017, définit le contenu du dossier de demande d'autorisation environnementale. Parmi ces éléments à fournir, l'article L. 181-25 du code de l'environnement, créé par ordonnance n°2017-80 du 26 janvier 2017, cite l'étude de dangers :

« *Le demandeur fournit une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.*

Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation. En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite. Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents. »

D'une manière générale, d'après http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr, toute étude de dangers doit s'appuyer sur une description suffisante des installations, de leur voisinage et de leur zone d'implantation.

Elle doit présenter les mesures organisationnelles et techniques de maîtrise des risques et expliciter, s'ils sont pertinents, un certain nombre de points clés fondés sur une démarche d'analyse des risques :

- Identification et caractérisation des potentiels de dangers ;
- Description de l'environnement et du voisinage ;
- Réduction des potentiels de dangers ;
- Présentation de l'organisation de la sécurité ;
- Estimation des conséquences de la concrétisation des dangers ;
- Accidents et incidents survenus (accidentologie) ;
- Évaluation 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 ;
- Évolutions et mesures d'amélioration proposées par l'exploitant ;
- Résumé non technique de l'étude de dangers & représentation cartographique.

Plus précisément, l'article D. 181-15-2, définit le contenu de l'étude de dangers selon le principe de proportionnalité :

« *III. L'étude de dangers 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.*

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 la vulnérabilité des intérêts mentionnés à l'article L. 181-3.

Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. Dans le cas des installations figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-8, le pétitionnaire doit fournir les éléments indispensables pour l'élaboration par les autorités publiques d'un plan particulier d'intervention.

L'étude comporte, notamment, un résumé non technique explicitant la probabilité et la cinétique des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie agrégée par type d'effet des zones de risques significatifs.

Le ministre chargé des installations classées peut préciser les critères techniques et méthodologiques à prendre en compte pour l'établissement de l'étude de dangers, par arrêté pris dans les formes prévues à l'article L. 512-5.

Pour certaines catégories d'installations impliquant l'utilisation, la fabrication ou le stockage de substances dangereuses, le ministre chargé des installations classées peut préciser, par arrêté pris en application de l'article L. 512-5, le contenu de l'étude de dangers portant, notamment, sur les mesures d'organisation et de gestion propres à réduire la probabilité et les effets d'un accident majeur ».

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.

G.3 LA NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSÉES

Conformément à l'article R. 511-9 du code de l'environnement, modifié par le décret n°2011-984 du 23 août 2011, lui-même modifié par le décret n°2019-1096 du 28 octobre 2019, les parcs éoliens sont soumis à la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées.

Tableau 13 : rubrique et régimes ICPE applicables aux éoliennes

RUBRIQUE 2980	**INSTALLATION TERRESTRE DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ À PARTIR DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE DU VENT ET REGROUPANT UN OU PLUSIEURS AÉROGÉNÉRATEURS :**	
	1. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 50 m	Autorisation
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 12 m, lorsque la puissance installée est :	
	a) Supérieure ou égale à 20 MW	Autorisation
	b) Inférieure à 20 MW	Déclaration

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

G.4 LA DÉMARCHE GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE DE DANGERS

Le graphique ci-dessous synthétise les différentes étapes et les objectifs de l'étude de dangers :

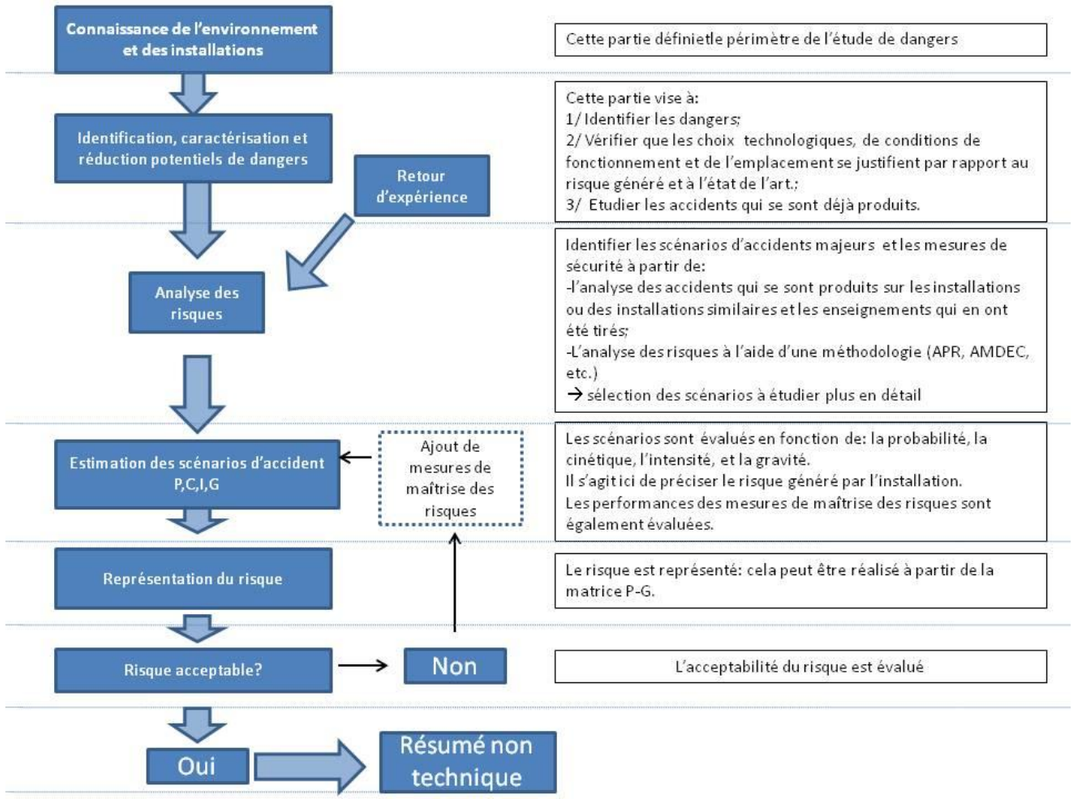


Figure 2 : la démarche générale de l'étude de dangers

Le parc éolien des Grenouillettes est soumis à autorisation au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit à ce titre faire l'objet d'une étude de dangers. Cette présente étude a été réalisée sur la base du guide de la DGPR dans sa version de mai 2012.

H. LES INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION

H.1 LES RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Le projet de parc éolien des Grenouillettes a été développé par la société WKN France. Le pétitionnaire, demandeur de l'autorisation environnementale pour le parc éolien des Grenouillettes, est la société SAS Parc Éolien des Grenouillettes. Ces deux sociétés sont filiales à 100% de WKN GmbH, elle-même filiale à 100 % du groupe PNE AG (société cotée en bourse). La société Parc Éolien des Grenouillettes a spécifiquement été créée pour la construction et l'exploitation du parc éolien des Grenouillettes.

Tableau 14 : principales caractéristiques du pétitionnaire Parc Éolien des Grenouillettes

RAISON SOCIALE	PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES
FORME JURIDIQUE	Société à Actions Simplifiées (SAS)
CAPITAL SOCIAL	100 €
N° RCS	978 521 896 RCS Nantes
NATURE DE L'ACTIVITÉ	Toutes activités se rapportant au développement, à la construction et à l'exploitation d'un projet de production d'énergie renouvelable
ADRESSE SIÈGE SOCIAL	10 rue Charles Brunellière Immeuble le Sanitat 44100 NANTES
REPRÉSENTANTS	Président : BOIE Georg Christian Directeur général : GALAUP Serge Henri

H.2 LA LOCALISATION DU SITE

Le projet éolien des Grenouillettes, composé de 6 aérogénérateurs, est localisé sur la commune de Bouzonville-aux-Bois, dans le département du Loiret, en région Centre-Val de Loire.

H.3 LA DÉFINITION DE L'AIRE D'ÉTUDE

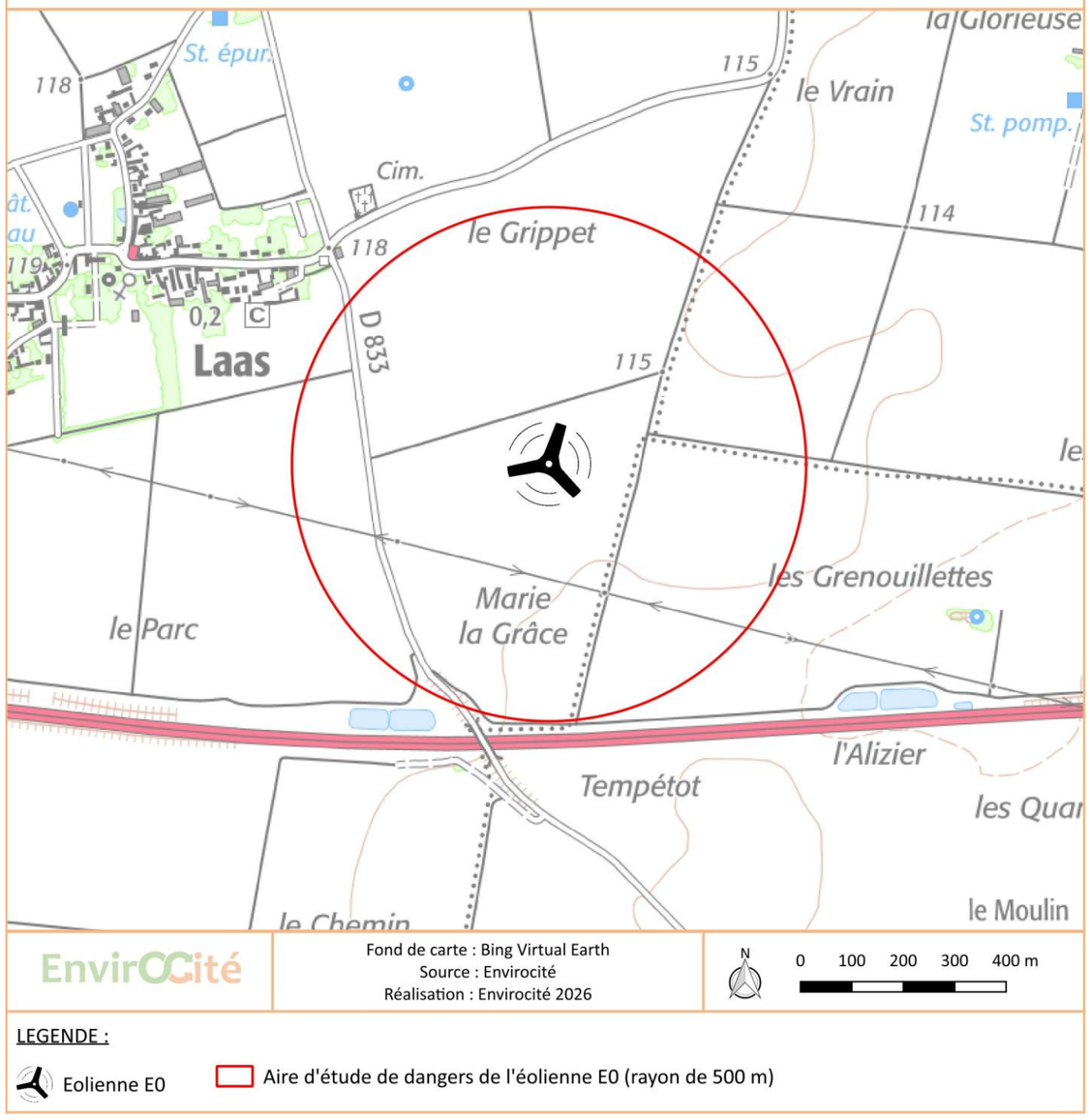
Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne.

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur (cf. carte page 25). Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection de pales et de fragments de pale. L'aire d'étude de dangers concerne ainsi les communes de Bouzonville-aux-Bois, Ascoux, Laas et Bouilly-en-Gâtinais.

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

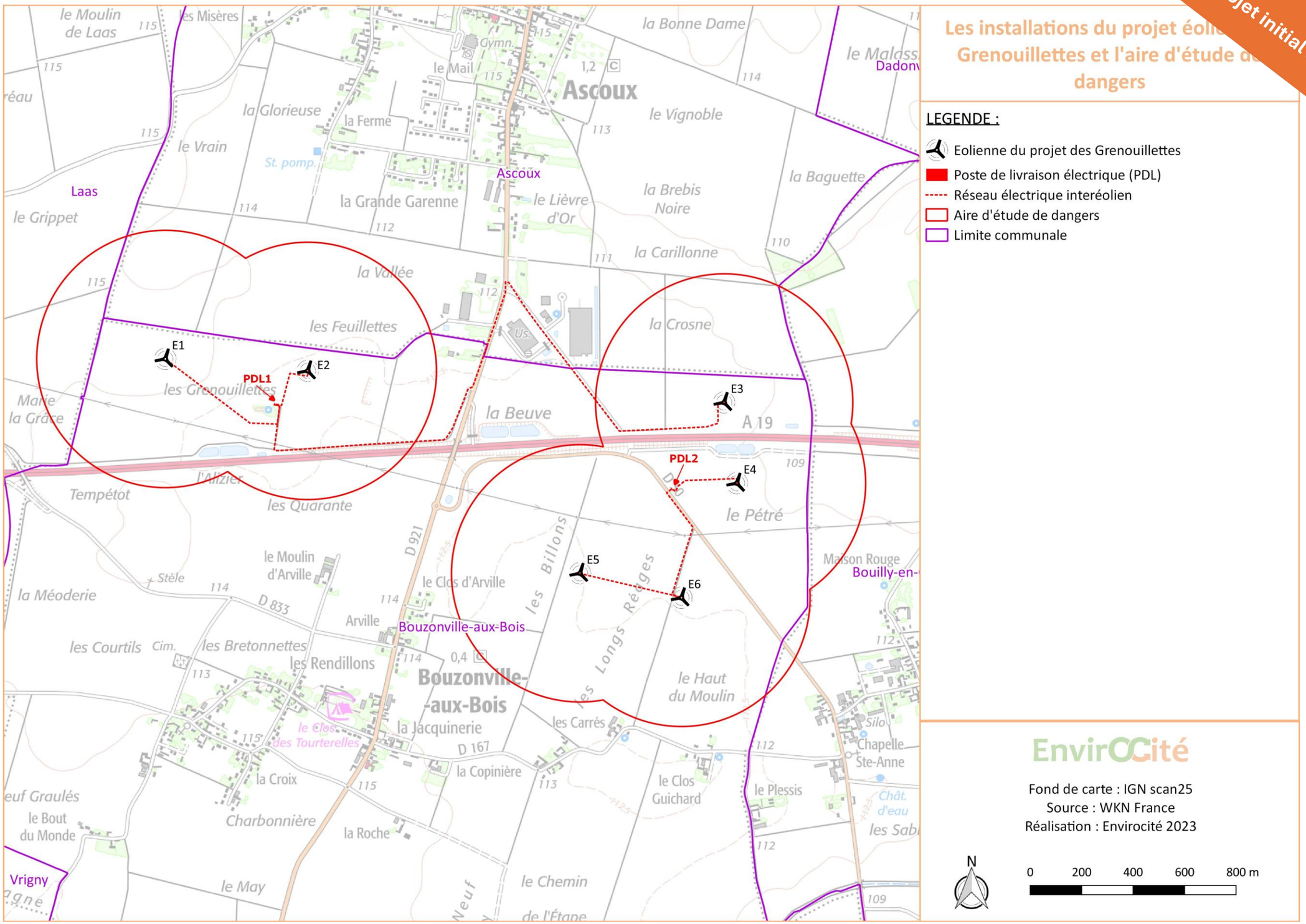
Le projet éolien des Grenouillettes se composait initialement de 6 éoliennes. Il a été modifié lors de l'instruction de la demande d'autorisation environnementale pour être réduit à 4 éoliennes : suppression des éoliennes E4, E5, E6 et ajout d'une éolienne E0 à l'ouest. L'aire d'étude de dangers correspond à un rayon de 500 m autour de ces aérogénérateurs.

L'aire d'étude de dangers de l'éolienne E0



Carte 5 : l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E0

Projet initial à 6 éoliennes



Carte 6 : les installations du projet éolien initial à 6 éoliennes des Grenouillettes et l'aire d'étude de dangers

I. LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION DU PROJET INITIAL À 6 ÉOLIENNES

LA PRÉSENTE PARTIE CONCERNE QUE LES SIX ÉOLIENNES DU PROJET INITIAL DU PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES DONT LE DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE A ÉTÉ DÉPOSÉ LE 1ER SEPTEMBRE 2023. LES ÉOLIENNES E1, E2 ET E3 SONT MAINTENUES EN L'ÉTAT DANS LE PROJET MODIFIÉ À QUATRE ÉOLIENNES FINALEMENT RETENU. NOTONS QUE LES ÉOLIENNES E4, E5 ET E6 DU PROJET INITIAL ONT ÉTÉ SUPPRIMÉ DU PROJET FINAL.

I.1 L'ENVIRONNEMENT HUMAIN

I.1.1 LES ZONES URBANISÉES

2 071 habitants étaient répertoriés en 2019 sur les quatre communes concernées par l'aire d'étude de dangers (Ascoux, Bouilly-en-Gâtinais, Bouzonville-aux-Bois et Laas). Ascoux concentre la majeure partie de la population avec plus de 50 % des habitants recensés. Les autres communes sont assez peu peuplées avec respectivement 236, 314 et 417 habitants en 2019. Ces chiffres témoignent du caractère rural de ces communes.

Tableau 15 : données de population et de superficie en 2019 (INSEE)

COMMUNE	POPULATION	SUPERFICIE EN KM²	DENSITÉ EN NBRE D'HABITANTS/KM²
Ascoux	1 104	6,8	163,6
Bouilly-en-Gâtinais	314	16,0	19,7
Bouzonville-aux-Bois	417	7,5	55,3
Laas	236	6,6	35,8
LOIRET	680 434	6775,2	100,4

Ce constat est confirmé par l'analyse de la densité démographique des communes. Deux profils distincts ressortent nettement sur les quatre communes étudiées. Ascoux d'une part avec 163,6 habitants par km², soit une densité importante, nettement supérieure aux moyennes départementale (100,4 habitants/km²) et nationale (105,9 habitants par km²). Cette commune est donc densément peuplée.

Les trois autres communes d'étude d'autre part avec des densités variant de 19,7 à 55,3 habitants par km². Ces chiffres sont deux à cinq fois inférieurs à la moyenne départementale et traduisent un profil assez rural des communes. L'habitat étant par ailleurs relativement groupé au sein des bourgs, ces chiffres indiquent en creux la présence de vastes zones inhabitées sur le territoire. Les distances entre les habitations et les éoliennes les plus proches de l'installation sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 16 : distance entre les habitations et les éoliennes les plus proches

ÉOLIENNE	LIEU DE VIE LE PLUS PROCHE	COMMUNE	DISTANCE ENTRE L'HABITATION ET LE MÂT DE L'ÉOLIENNE LA PLUS PROCHE
E1	Frange est du bourg de Laas	LAAS	1 011 m
E2	Les Feuillettes	BOUZONVILLE-AUX-BOIS	578 m
E3	Les Feuillettes	BOUZONVILLE-AUX-BOIS	965 m
E4	Maison Rouge	BOUILLY-EN-GATINAIS	680 m
E5	Le Clos d'Arville	BOUZONVILLE-AUX-BOIS	586 m
E6	Les Carrés	BOUZONVILLE-AUX-BOIS	543 m

L'habitation la plus proche est située à 543 m de l'éolienne E6 (lieudit Les Carrés). Aucun lieu habité n'est donc recensé dans l'aire d'étude de dangers.

Notons qu'aucun bâtiment agricole ou industriel n'est répertorié au sein de l'aire d'étude de dangers.

I.1.2 LES ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Aucun établissement recevant du public n'est recensé dans l'aire d'étude de dangers.

I.1.3 LES INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

Aucune installation nucléaire de base n'est recensée dans l'aire d'étude de dangers.

L'installation classée la plus proche du projet concerne l'établissement CAROLL (entrepôt de vêtements) situé dans la zone d'activité de la Crosne (cf. carte page 28). Elle se localise à 545 m de l'éolienne la plus proche (E3). Cette installation est soumise au régime d'autorisation ICPE pour la rubrique 1510 « entrepôt autorisé » pour un volume de 177 193 m^3. Elle est par ailleurs soumise au régime de déclaration pour le stockage de pneumatiques, la combustion, la charge d'accumulateurs et le stockage de produits pétroliers spécifiques et carburants de substitution. Les risques liés à cette installation concernent principalement le risque incendie, notamment lié au stockage de matériaux inflammables. Ce type de risque s'inscrit uniquement dans l'emprise de l'installation et n'est pas de nature à engendrer des incidences notables au sein de l'aire d'étude de dangers du projet éolien des Grenouillettes.

Notons qu'il s'agit de la seule installation classée répertoriée dans la zone d'activité de la Crosne.

Tableau 17 : installation classée pour la protection de l'environnement dans les communes de l'aire d'étude de dangers

NOM	RUBRIQUE ICPE	ACTIVITÉ	RÉGIME	COMMUNE	DISTANCE À L'ÉOLIENNE LA PLUS PROCHE
CAROLL	1510	Entrepôt autorisé	Autorisation	Ascoux	545 m
	2663	Stockage de pneumatiques	Déclaration		
	2910	Combustion	Déclaration avec contrôle		
	2925	Charge d'accumulateurs	Déclaration		
	4734	Produits pétroliers spécifiques et carburants de substitution	Déclaration avec contrôle		



Photo 2 : installation classée CAROLL en bordure extérieure nord de l'aire d'étude de dangers

Un site SEVESO seuil haut, l'établissement FM France, est par ailleurs présent le long de l'autoroute A19 à environ 2,4 km des éoliennes du projet (distance calculée en tenant compte de l'extension vers l'est de cet établissement autorisé par arrêté du 10/07/2023). Ce site fait l'objet de servitudes d'utilité publique instituées par arrêté préfectoral du 10/07/2023 qui concernent des parcelles adjacentes aux bâtiments d'exploitation. Elles ne sont pas de nature à induire une servitude au droit des installations et aménagements du projet éolien des Grenouillettes. Par ailleurs, au regard de l'éloignement de ce site SEVESO, il n'engendre aucun risque industriel (effets thermiques ou toxiques) sur l'aire d'étude de dangers du projet éolien des Grenouillettes.



Photo 3 : FM France au niveau de l'échangeur de l'A19

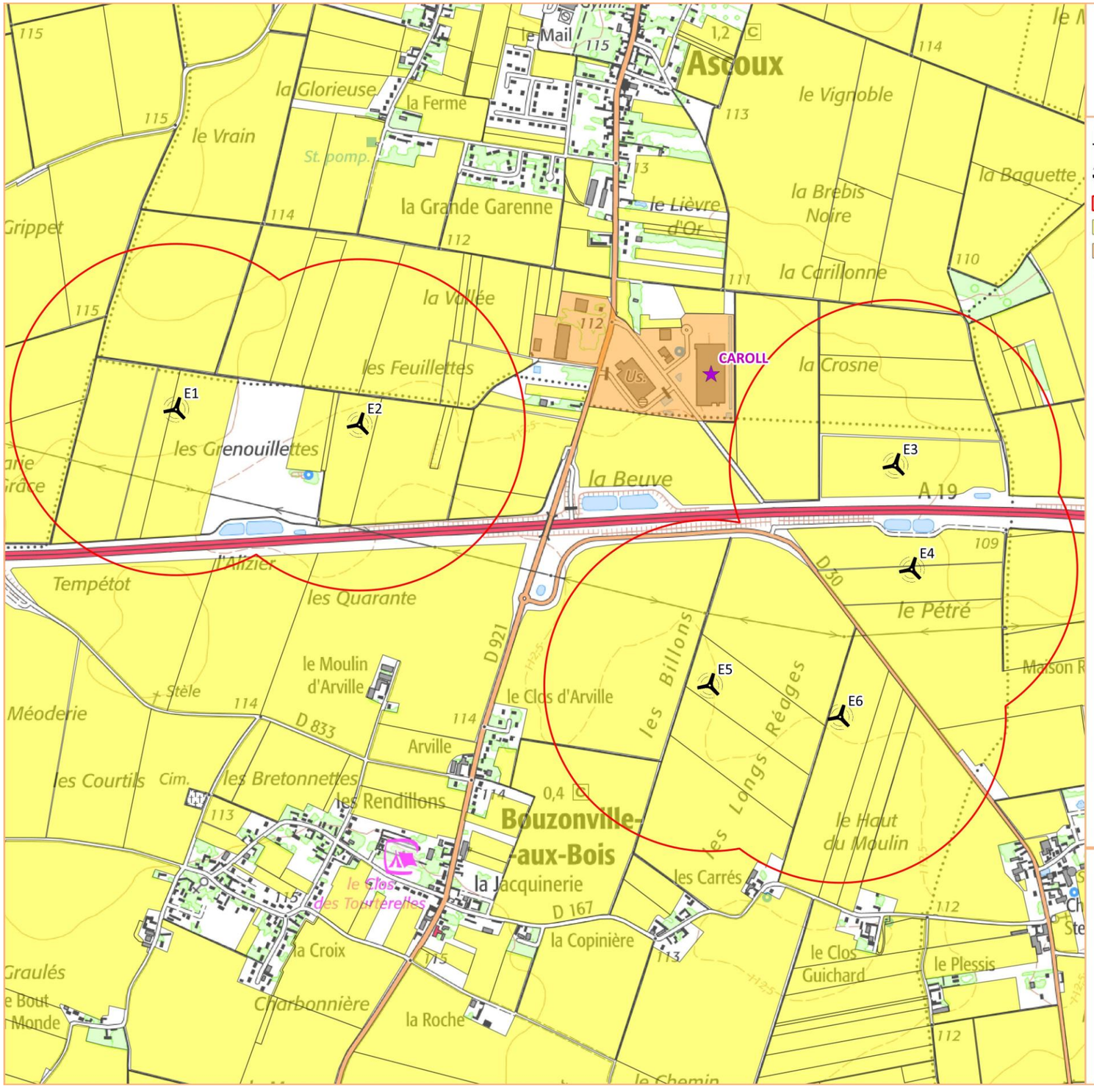
I.1.4 LES AUTRES ACTIVITÉS

Seule l'activité agricole est recensée au sein de l'aire d'étude de dangers (cf. carte page 28).

Aucune zone artisanale, industrielle ou commerciale n'est présente dans ce périmètre. La zone d'activité de la Crosne est présente au sud du bourg d'Ascoux, en limite d'aire d'étude de dangers (cf. carte page 28). Elle offre une surface de 15 ha et accueille plusieurs entreprises : Caroll (entrepôt de vêtements pour femme), C-LOG (logistique en E-commerce), M3A (location d'espaces de stockage), Spheria (assurances), Printor Packaging et Bazille (usinage de tournants sphériques pour robinetterie). Elle ne présente toutefois aucune emprise surfacique au sein de l'aire d'étude de dangers.



Photo 4 : zone d'activité de la Crosne



L'environnement humain de l'aire d'étude de dangers

LEGENDE :

- Eolienne du projet des Grenouillettes
- Aire d'étude de dangers
- Parcelle agricole
- Zone d'activités des Crosnes
- installation classée (ICPE)

Eoliennes E4 E5 E6 retirées

EnvirOCité

Fond de carte : IGN scan25
Source : WKN France, RPG 2020
Réalisation : Envirocité 2023

N

0 200 400 600 800 m

Carte 7 : l'environnement humain de l'aire d'étude de dangers

I.2 L'ENVIRONNEMENT NATUREL

I.2.1 LE CONTEXTE CLIMATIQUE

Les données climatiques utilisées dans ce chapitre sont issues de la station météorologique Météo France d'Orléans, située à 37 km au sud-ouest de la zone du projet.

I.2.1.1 LES TEMPÉRATURES

Avec une moyenne annuelle de l'ordre de 11,7°C sur les trente dernières années, les températures moyennes relevées sont globalement douces sur l'année. Ce constat s'explique car la zone d'étude se localise à mi-chemin entre un climat océanique doux aux variations thermiques limitées sur l'année et un climat continental présentant des amplitudes thermiques annuelles plus marquées.

Tableau 18 : les températures moyennes mensuelles en °C entre 1991 et 2020 (Météo France)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOYENNE
T°C minimale	1,7	1,3	3,3	5,2	8,8	11,8	13,6	13,6	10,5	8,2	4,5	2,1	7
T°C maximale	7,1	8,5	12,6	16	19,6	23,1	25,8	25,8	21,7	16,5	10,9	7,5	16,3
T°C moyenne	4,4	4,9	7,9	10,6	14,2	17,5	19,7	19,7	16,1	12,4	7,7	4,8	11,7

La période estivale est relativement douce avec une température moyenne mensuelle de 19,7°C sur les mois de juillet/août et une température maximale de 25,8°C observée sur ces deux mêmes mois. Ils constituent assez nettement les deux mois les plus chauds de l'année sans pour autant présenter de températures moyennes extrêmes.

La période hivernale dispose d'une température mensuelle moyenne qui oscille entre 4,4 et 4,9°C sur les mois de décembre, janvier et février. La température mensuelle la plus faible a été relevée au mois de février avec 1,3°C. Cette valeur est relativement fraîche, elle témoigne bien des influences continentales qui peuvent conduire à des vagues de froid issues de l'est certaines années et/ou sur certaines périodes de l'hiver.

Si des écarts de températures existent sur l'année (environ 15°C entre la moyenne mensuelle la plus froide et la plus chaude), aucune température extrême n'est relevée au droit de la zone d'étude.

I.2.1.2 LES PRÉCIPITATIONS

Les précipitations annuelles relevées sont assez limitées par rapport aux valeurs observées habituellement en France métropolitaine. La pluviosité atteint en moyenne 635,5 mm chaque année. Le relatif éloignement d'une façade maritime (et d'entrées de masses d'air humide) ainsi que l'absence de relief notable favorable aux précipitations expliquent ces moyennes assez faibles.

Tableau 19 : les précipitations moyennes mensuelles en mm entre 1991 et 2020 (Météo France)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Précipitations	48,1	44,9	44,2	47,2	63	51	57,2	50,5	51,3	59,3	60,3	58,5	635,5

Les principaux cumuls de pluies sont recensés sur la période automnale avec une moyenne de l'ordre de 60 mm sur les mois d'octobre à décembre, période à laquelle on observe également le principal cumul de jours de pluie. Le mois présentant le pic de précipitation est pourtant répertorié en mai avec 63 mm en moyenne, malgré un nombre de jours de pluie plus réduit. Ce mois fait l'objet de précipitations plus concentrées, ponctuellement orageuses. À l'inverse, les précipitations sont plus réduites sur les mois de février et mars avec en moyenne un peu moins de 45 mm par mois.

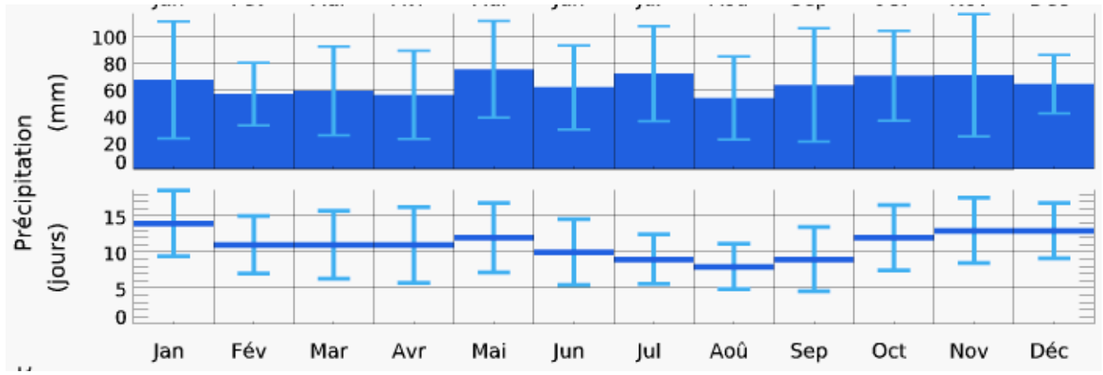


Figure 3 : précipitations mensuelles observées à la station d'Orléans (Meteoblue)

Les cumuls mensuels de précipitations relevés sont relativement homogènes sur l'année avec un écart de seulement 18,8 mm entre le mois le plus humide (63 mm en mai) et le mois le plus sec (44,2 mm en mars). Les relevés ne montrent donc pas de cumuls de précipitations importants susceptibles d'induire des enjeux notables sur le territoire étudié.

I.2.1.3 L'ENSOLEILLEMENT

Le secteur d'étude présente un ensoleillement annuel moyen de l'ordre de 1 822 h par an. Il s'inscrit donc dans la partie basse de la moyenne nationale métropolitaine qui varie de 1 500 à 2 900 h par an.

Tableau 20 : l'ensoleillement moyen mensuel en h entre 1991 et 2020 (Météo France)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Ensoleille-ment	64,1	90,9	146,1	185,8	214,7	220,1	232	228,5	184,5	121,4	73,8	60,9	1822,6

Les périodes les plus ensoleillées sont concentrées sur les mois de juin à août avec en moyenne plus de 220 h d'ensoleillement mensuel. A l'inverse, la période hivernale, et surtout les mois de décembre et janvier disposent d'un ensoleillement mensuel moyen d'un peu plus de 60 h.

I.2.1.4 LE GEL

En moyenne, 48,6 jours de gel sont répertoriés sur l'année au niveau du territoire étudié. Ce phénomène se concentre essentiellement sur les mois de décembre à mars avec un maximum de 11,1 jours de gel recensés sur les mois de janvier et février (plus d'un jour sur trois). Il s'agit d'un nombre de jours moyen à l'échelle du territoire métropolitain français qui traduit une nouvelle fois la situation du site entre climat océanique (doux) et continental (plus soumis aux gelées).

Tableau 21 : le nombre moyen de jours de gelée par mois entre 1991 et 2020 (Météo France)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Gelée (T ≤ 0°C)	11,1	11,1	7,0	2,4	0	0	0	0	0	1,1	4,9	11,0	48,6
Forte gelée (T ≤ -5°C)	2,5	2,2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,6	7,1
Grand froid (T ≤ -10°C)	0,3	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,8

Les fortes gelées (≤ -5°C) sont quant à elles plus limitées sur le territoire d'étude, puisque seuls 7,1 jours par an sont relevés en moyenne, principalement sur le mois de janvier et février (de 2,2 à 2,5 jours par mois en moyenne). Le phénomène de grand froid (≤ -10°C) est quant à lui marginal avec moins d'un jour recensé en moyenne sur l'année.

I.2.2 LES RISQUES NATURELS

I.2.2.1 LES DONNÉES COMMUNALES DE RISQUE NATUREL

La base de données http://www.georisques.gouv.fr permet de prendre connaissance des principaux risques naturels répertoriés sur les communes de l'aire d'étude de dangers.

Tableau 22 : principaux risques naturels recensés sur les communes de l'aire d'étude de dangers

COMMUNE	TYPE DE RISQUE NATUREL
Ascoux	Mouvement de terrain, affaissements et effondrements (cavités souterraines hors mines), tassements différentiels
Bouilly-en-Gâtinais	Mouvement de terrain, affaissements et effondrements (cavités souterraines hors mines), tassements différentiels
Bouzonville-aux-Bois	Mouvement de terrain, affaissements et effondrements (cavités souterraines hors mines), tassements différentiels
Laas	Mouvement de terrain, tassements différentiels

Ces communes ont par ailleurs fait l'objet des arrêtés de reconnaissance de catastrophes naturels listés ci-après.

Tableau 23 : arrêtés de reconnaissance de catastrophes naturelles recensés sur les communes de l'aire d'étude de dangers

TYPE DE CATASTROPHE	DÉBUT	FIN	ARRÊTÉ DU	COMMUNE CONCERNÉE
Inondations et/ou Coulées de Boue	28/05/2016	05/06/2016	08/06/2016	Bouilly-en-Gâtinais, Bouzonville-aux-Bois
	29/05/2016	31/05/2016	26/10/2016	Laas
	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	Ascoux, Bouilly-en-Gâtinais, Bouzonville-aux-Bois, Laas
Mouvement de Terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	Ascoux, Bouilly-en-Gâtinais, Bouzonville-aux-Bois, Laas
Sécheresse	01/07/2018	31/12/2018	13/12/2019	Ascoux
	01/10/2018	31/12/2018	21/05/2019	Bouilly-en-Gâtinais, Bouzonville-aux-Bois
	01/01/2006	31/03/2006	18/04/2008	Laas
	01/01/1991	31/12/1992	06/09/1993	Bouzonville-aux-Bois
	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	Bouzonville-aux-Bois

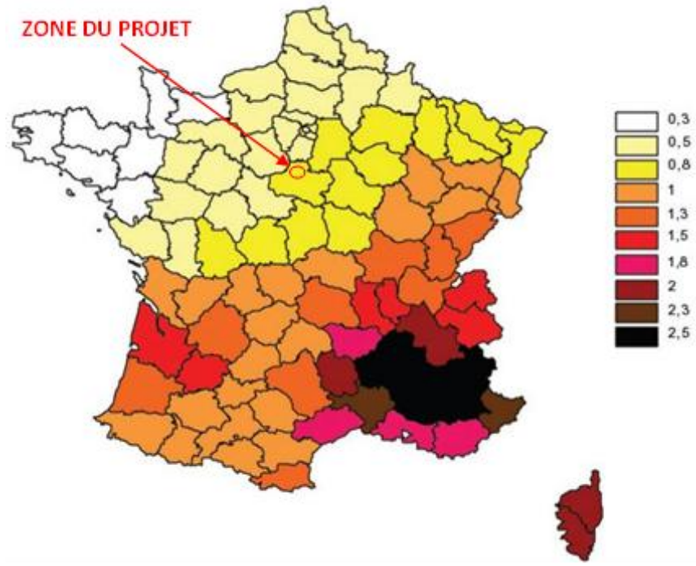
Les principaux risques identifiés à l'échelle de l'aire d'étude de dangers concernent donc :

- Les inondations et/ou coulées de boue ;
- Les mouvements de terrain ;
- Les affaissements et effondrements (cavités souterraines hors mines) ;
- La sècheresse et les tassements différentiels (aléa retrait/gonflement d'argiles).

Ces risques sont traités spécifiquement dans les chapitres suivants. Notons qu'aucune commune ne fait l'objet d'un plan de prévention des risques naturels.

I.2.2.2 LE RISQUE D'ORAGE

D'après les données de www.meteorage.com/fr, le département du Loiret enregistre une densité de foudroiement de l'ordre de 0,8 arcs/km²/an. Il s'agit d'une moyenne jugée faible à l'échelle nationale, le risque lié à la foudre peut donc être jugé faible.



Carte 8 : densité moyenne de foudroiement par département (Météorage)

I.2.2.3 LE RISQUE DE TEMPÊTE

Le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) du Loiret ne détaille pas les risques liés au phénomène de tempête sur le département. Il rappelle que les tempêtes sont de violentes perturbations atmosphériques qui engendrent des risques de dommages allant de simples dégâts matériels mineurs jusqu'à des ravages catastrophiques impliquant des victimes. Une tempête correspond à des vents moyens supérieurs à 89 km/h. C'est le degré 10 de l'échelle de Beaufort qui en compte 12. Il indique que la dernière tempête relevée sur le département est Xynthia avec 122 km/h relevés à Orléans (le DDRM date de 2018).

La fiche Météo France de la station d'Orléans enregistre en moyenne 0,7 jour par an avec des rafales supérieures à 28 m/s (soit 100 km/h). L'occurrence de vent très fort est donc limitée sur le département du Loiret. La vitesse de vent maximale enregistrée a atteint 42 m/s (soit 151 km/h) le 26 décembre 1999. Des vents violents sont toutefois ponctuellement possibles sur le site d'étude.

Le phénomène de tempête est susceptible de concerner l'aire d'étude de dangers du projet mais au regard de sa situation à l'écart du littoral, le risque reste limité. Notons que la décennie 2010 a connu un nombre croissant de tempêtes sur le territoire français avec des conséquences notables parfois recensées jusqu'en région Centre Val de Loire. Le risque tempête est donc jugé modéré sur la zone d'étude.

I.2.2.4 LE RISQUE D'INCENDIE

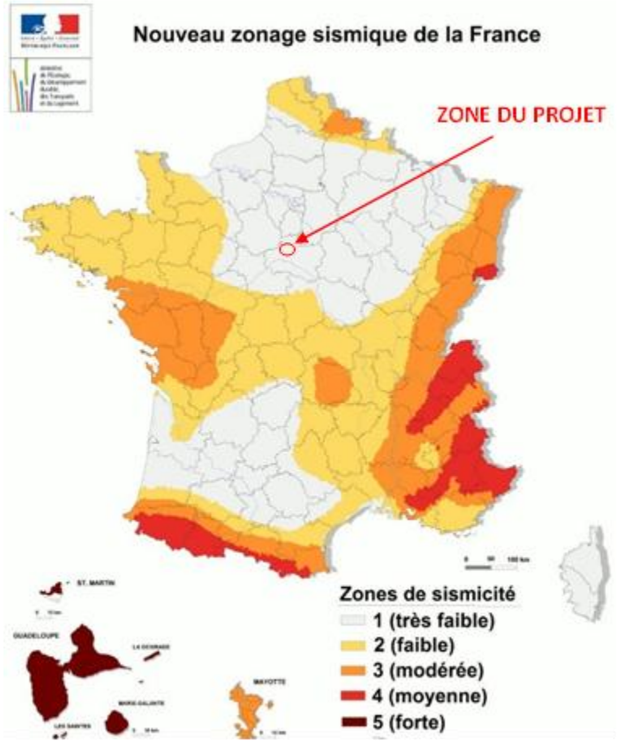
Le risque incendie peut provenir d'activités humaines ou de causes naturelles (sécheresse). Il est plus élevé au droit des milieux favorables à son déclenchement et à sa propagation (massifs forestiers, landes...). Il est notamment question d'incendie de forêt lorsque le feu couvre une surface minimale de 0,5 hectare d'un seul tenant et qu'une partie au moins des étages arbustifs et/ou arborés est détruite. Le terme incendie vaut aussi pour les formations subforestières de plus petites tailles que sont le maquis, la garrigue et les landes.

Aucune parcelle boisée notable n'est recensée à l'échelle de l'aire d'étude de dangers et celle-ci se localise à l'écart des massifs forestiers concernés par le risque incendie. Seul le risque de départ de feu sur des parcelles de culture en période de sècheresse est possible sur la zone du projet, ce risque est toutefois très limité.

I.2.2.5 LE RISQUE SISMIQUE

La France dispose d'un zonage sismique établi le 22 octobre 2010 divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante :

- Une zone de sismicité 1 (très faible) où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les ouvrages « à risque normal »,
- Quatre zones de sismicité 2 à 5 (faible à fort), où les règles de construction parasismique sont applicables aux bâtiments et ponts « à risque normal ».



Carte 9 : zonage sismique en France (MEDDE)

L'aire d'étude de dangers se situe en zone de sismicité 1, soit un niveau de risque très faible. Les enjeux liés au risque de sismicité sont donc jugés très faibles.

I.2.2.6 LE RISQUE DE MOUVEMENT DE TERRAIN

Un mouvement de terrain est un déplacement plus ou moins brutal du sol ou du sous-sol. Il est fonction de la nature et de la disposition des couches géologiques. Il est dû à des processus lents de dissolution ou d'érosion favorisés par l'action de l'eau et de l'homme. Plusieurs types de mouvements de terrain peuvent être recensés : glissement de terrain, chute de bloc, éboulement, coulée de boue, effondrement…

D'après les données du site http://www.georisques.gouv.fr, plusieurs mouvements de terrain sont répertoriés sur les communes concernées par l'aire d'étude de dangers. Pour autant, aucun de ces mouvements de terrain n'est directement recensé au sein de cette aire d'étude. Les plus proches sont présentés dans le tableau suivant (cf. carte page **Erreur ! Signet non défini.**).

Tableau 24 : les mouvements de terrain répertoriés aux abords de l'aire d'étude de dangerse (Géorisques)

IDENTIFIANT	NATURE	COMMUNE	DISTANCE À L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS
64501122	Effondrement/affaissement	Ascoux	242 m
64501133	Effondrement/affaissement	Bouzonville-aux-Bois	292 m
64502530	Effondrement/affaissement	Bouilly-en-Gâtinais	683 m
64501112	Effondrement/affaissement	Bouilly-en-Gâtinais	674 m

Les fiches de ces mouvements de terrain n'apportent pas de précisions quant à leur nature. Ces phénomènes correspondent toutefois tous à des cavités répertoriées. Ils sont donc très probablement liés au sous-sol calcaire et aux fragilités du substrat en lien avec le potentiel réseau karstique souterrain et les cavités naturelles qu'il induit.

Au regard de l'homogénéité du substrat, le risque lié aux mouvements de terrain est jugé modéré sur l'ensemble du secteur d'étude. Il est ponctuellement fort au droit des zones d'effondrements déjà enregistrés et de leurs abords immédiats (zone tampon d'une cinquantaine de mètres), ces secteurs présentant une fragilité avérée du substrat.

I.2.2.7 LE RISQUE CAVITÉS

D'après les données du site http://www.georisques.gouv.fr, plusieurs cavités sont répertoriées sur les communes concernées par l'aire d'étude de dangers. Pour autant, aucune cavité n'est directement recensée au sein de cette aire d'étude. Les plus proches sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 25 : les cavités répertoriées aux abords de l'aire d'étude de dangers (Géorisques)

IDENTIFIANT	NATURE	COMMUNE	DISTANCE À LA ZIP
CENAA0005088	Cavité naturelle (doline)	Ascoux	242 m
CENAA0005099	Cavité naturelle (doline)	Bouzonville-aux-Bois	292 m
CENAA0006559	Cavité naturelle (doline)	Bouilly-en-Gâtinais	683 m
CENAA0005078	Cavité naturelle (doline)	Bouilly-en-Gâtinais	674 m

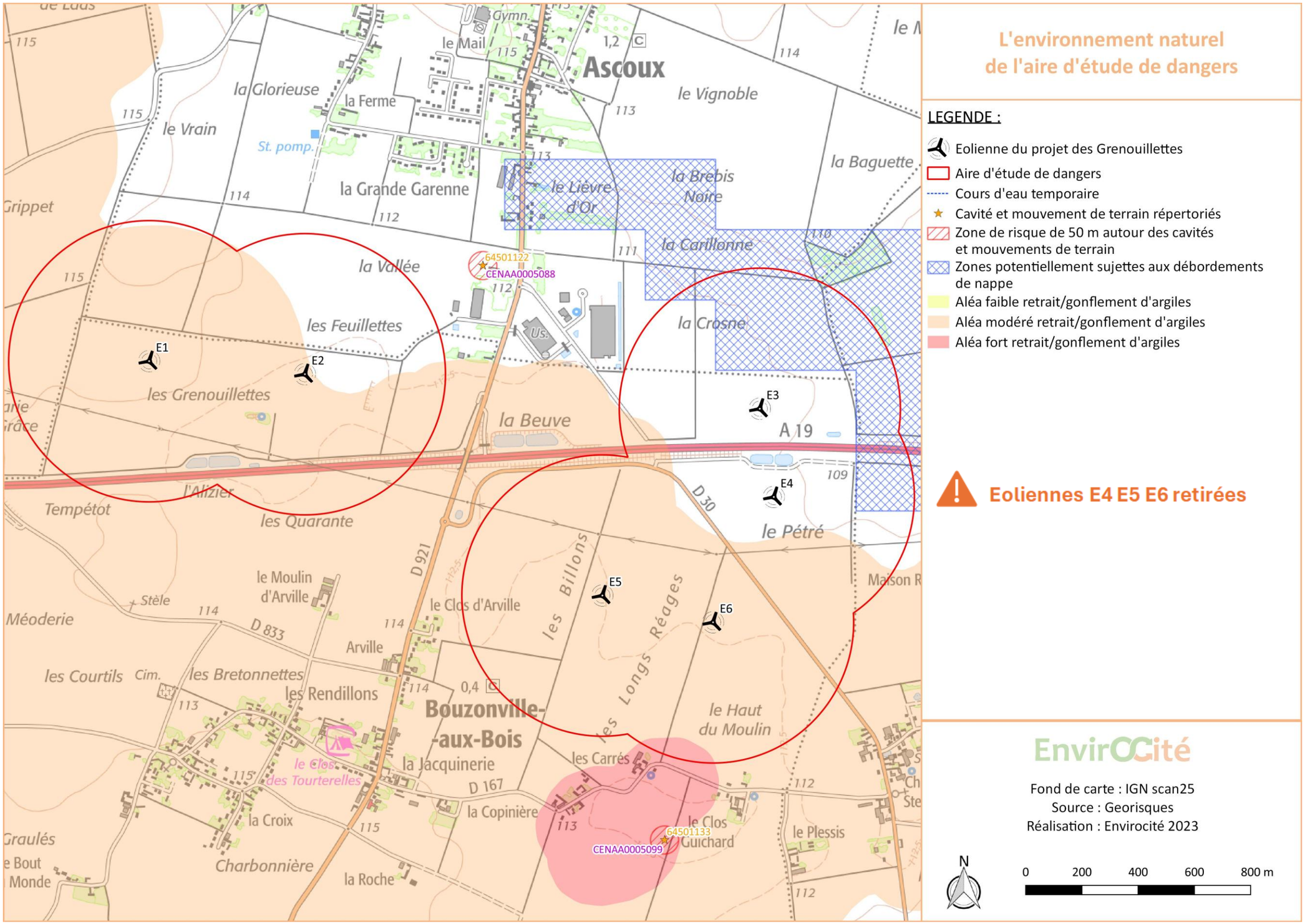
Les cavités recensées concernent des orifices d'origine naturelle qui se superposent aux effondrements/affaissements répertoriés dans le chapitre précédent « mouvements de terrain ». Il s'agit de dolines, dépressions circulaires qui sont la conséquence de la dissolution des calcaires du substrat (réseau karstique).

Au regard de la relative homogénéité du substrat calcaire potentiellement concerné par un réseau karstique, le risque lié aux cavités est jugé modéré sur l'ensemble de l'aire d'étude de dangers.

I.2.2.8 LE RISQUE DE RETRAIT-GONFLEMENT D'ARGILES

En climat tempéré, les argiles sont souvent proches de leur état de saturation, si bien que leur potentiel de gonflement est relativement limité. En revanche, elles sont souvent éloignées de leur limite de retrait, ce qui explique que les mouvements les plus importants sont observés en période sèche. La tranche la plus superficielle de sol, sur 1 à 2 m de profondeur, est alors soumise à l'évaporation. Il en résulte un retrait des argiles, qui se manifeste verticalement par un tassement et horizontalement par l'ouverture de fissures, classiquement observées dans les fonds de mares qui s'assèchent.

Les cartes éditées par le BRGM ont pour but de délimiter toutes les zones qui sont a priori sujettes au phénomène de retrait-gonflement d'argiles et de hiérarchiser ces zones selon un degré d'aléa croissant. D'après la carte d'aléa retrait et gonflement des argiles (échelle de validité : 1/50 000ème), les aléas sont considérés comme modérés pour les éoliennes E1, E2, E5 et E6. Ils sont jugés nuls pour les éoliennes E3 et E4 (cf. carte page 32).



Carte 10 : l'environnement naturel de l'aire d'étude de dangers

I.2.2.9 LE RISQUE D'INONDATION

L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors de l'eau. Une inondation peut avoir plusieurs origines : débordement de cours d'eau, submersion marine, rupture de barrage, remontée de nappe...

L'aire d'étude de dangers se situe en dehors des zones jugées à risque pour les inondations. Elle n'est pas localisée sur des zones d'expansion des crues, en bord de cours d'eau ou sur des zones soumises au risque de rupture de barrage. Seul l'extrême nord-est de l'aire d'étude est concerné par un risque ponctuel de remontée de nappe, celui-ci est toutefois limité et ne concerne pas les installations du projet éolien des Grenouillettes (cf. carte page 32). Le risque d'inondation est donc jugé nul au droit du projet. Il est uniquement jugé très faible, en lien avec les remontées de nappe, dans le secteur nord-est de l'aire d'étude de dangers (en dehors de l'emprise des installations et aménagements du projet éolien).

I.3 L'ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

I.3.1 LES CONTRAINTES RADARS ET AÉRONAUTIQUES

Par courrier du 5 août 2021 (cf. annexe), la DGAC indique que la zone du projet se localise dans le périmètre de protection du VOR(C)-PTV. Toutefois, au vu de la publication officielle sur le retrait de certains VOR dans le cadre du réseau minimum, le VOR(C)-PTV a cessé son activité au 31 décembre 2022. La contrainte liée à ce VOR n'est donc plus opérationnelle et n'empêche plus l'implantation d'éolienne. Le gabarit des éoliennes a été défini afin de respecter l'altitude maximale en bout de pale de 309 m NGF préconisée par l'aviation civile pour le pas perturber les arrivées omnidirectionnelles (MSA) de l'aérodrome d'Orléans/Saint-Denis-de-l'Hôtel. Les éoliennes présenteront une altitude maximale en bout de pale de 308,3 m NGF pour E1, 305,7 m NGF pour E2, 275,5 m NGF pour E3, 275,3 m NGF pour E4, 292,4 m NGF pour E5 et 292,3 m NGF pour E6. Le projet éolien sera situé à plus des 5 km d'éloignement recommandé de tout aérodrome (E1 est distante de 5,5 km de l'aérodrome de Pithiviers). Il respectera les distances ce recul aux radars de l'aviation civile indiquées dans l'arrêté du 22 juin 2020 modifiant l'arrêté du 26 août 2011.

Par courriel du 24 août 2021 (cf. annexe), les services de l'armée indiquent que le site d'implantation des éoliennes s'inscrit dans la zone de 70 km des radars des armées d'Orléans et de Châteaudun. Les éoliennes projetées se situent toutefois en dehors de toute zone de servitude définie par les services de l'armée. Le projet éolien des Grenouillettes n'aura donc aucun impact sur les activités de l'armée.

Par courrier du 28 septembre 2022 (cf. annexe), les services de Météo France indiquent que L'aire d'étude de dangers se situe à une distance de 75 km du radar le plus proche utilisé dans le cadre des missions de sécurité météorologique des personnes et des biens, à savoir le radar bande C de Trappes. Le projet éolien respectera donc les distances de recul aux radars météorologiques indiquées dans l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021. Les installations du projet éolien ne perturberont pas le fonctionnement des radars utilisés par Météo-France pour assurer la sécurité météorologique des personnes et des biens.

I.3.2 LES VOIES DE COMMUNICATION

Les voies de communication recensées dans l'aire d'étude de dangers sont décrites dans le tableau suivant.

Tableau 26 : les voies de communication recensées dans l'aire d'étude de dangers

VOIE DE COMMUNICATION	TRAFIC JOURNALIER	IMPORTANCE	DISTANCE À L'ÉOLIENNE LA PLUS PROCHE
A19	9 324 v/j	Nationale	123 m (E3)
RD30	1 769 v/j	Départementale	204 m (E6)

L'autoroute A19 relie l'A5 à l'A10 entre Sens dans le département de l'Yonne et Artenay dans le département du Loiret. Elle traverse l'aire d'étude de dangers d'ouest en est. Cette route s'inscrit dans le plan du grand contournement de Paris. Sur sa section entre Courtenay et Artenay, elle est exploitée par COFIROUTE du groupe VINCI. Un trafic moyen journalier de 9 324 véhicules par jour, dont 13,5 % de poids lourds, était recensé en 2019[1]. Cet axe appartient au réseau autoroutier national. L'A19 est considérée comme un axe routier structurant (trafic > 2 000 véhicules/jour).



Photo 5 : autoroute A19 au droit de l'aire d'étude de dangers

La RD30 relie la RD921 au nord à la RD114 au sud en desservant les bourgs de Chambon-la-Forêt, Ni-belle et Nesploy. Elle traverse la partie est de l'aire d'étude de dangers. La donnée de trafic la plus proche concerne la section au niveau du bourg de Chambon-la-Forêt à environ 5 km au sud de la zone du projet. Le trafic observé en 2020 indique le passage de 1 769 véhicules par jour, dont 11,6 % de poids lourds[2]. La RD30 n'est pas considérée comme un axe routier structurant (trafic < 2 000 véhicules/jour).



Photo 6 : la RD30 dans l'aire d'étude de dangers

[1] *Source https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/trafic-moyen-journalier-annuel-sur-le-reseau-routier-national. Aucune donnée plus récente n'est accessible. COFIROUTE a été consulté pour connaître les données du trafic sur l'A19. Malgré plusieurs sollicitations, la société COFIROUTE a indiqué ne pas souhaiter communiquer en externe sur ces données (cf. courriel en annexe)*

[2] *Source Conseil départemental du Loiret – carte du trafic routier 2020*

L'article L.111-6 du code de l'urbanisme indique qu'« *en dehors des espaces urbanisés des communes, les constructions ou installations sont interdites dans une bande de cent mètres de part et d'autre de l'axe des autoroutes, des routes express et des déviations au sens du code de la voirie routière et de soixante-quinze mètres de part et d'autre de l'axe des autres routes classées à grande circulation*. ». L'autoroute A19 est donc concernée par une bande inconstructible de 100 m de part et d'autre de son axe. L'éolienne la plus proche (E3) sera distante de 123 m de la bande d'arrêt d'urgence de l'A19 et 135 m de l'axe de l'autoroute. Le projet respecte donc le recul réglementaire à cet axe routier.

L'article 26 du règlement de voirie départemental du Loiret du 6 mars 2020 concerne les implantations de poteaux pylônes et éoliennes en bordure de chaussée. Il recommande une distance minimale d'implantation à respecter égale à la hauteur totale de l'éolienne (mât et pales) augmentée de 20 mètres entre le bord de la chaussée et la base de l'éolienne (en limite extérieure la plus proche). Les éoliennes respecteront ce règlement de voirie, aucune éolienne ne sera située à moins d'une hauteur totale + 20 m des bordures de chaussée de la RD30 qui constitue l'axe routier départemental le plus proche des éoliennes du projet des Grenouillettes.

Aucun axe ferroviaire ou fluvial n'est situé à l'intérieur de l'aire d'étude de dangers. Un réseau de chemins agricoles est présent dans cette aire d'étude, il dessert les parcelles agricoles et n'est utilisé que par les agriculteurs et ponctuellement quelques promeneurs riverains (absence de chemin de randonnée ou cyclable balisé dans l'aire d'étude de dangers).

I.3.3 LES RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

Les principaux réseaux publics et privés présents dans l'aire d'étude de dangers sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 27 : les réseaux publics et privés recensés dans l'aire d'étude de dangers

RÉSEAU	CARACTÉRISTIQUES	IMPORTANCE	DISTANCE À L'ÉOLIENNE LA PLUS PROCHE
Lignes électriques HTB DAM-BRON – GATINAIS 1 et DAM-BRON – GATINAIS 2	400 kV	Nationale et régionale	169 m (E4)

Les services de Réseau Transport Électricité (RTE) ont été consultés dans le cadre du projet. Par courrier du 9 décembre 2022 (cf. annexe), ils indiquent la présence de deux lignes HTB 400 000 Volts localisées au sein de l'aire d'étude de dangers : les lignes DAMBRON – GATINAIS 1 et DAMBRON – GATINAIS 2. Elles disposent des mêmes pylônes de support. Ces lignes électriques présentent un caractère stratégique pour le réseau de transport HTB et participent à l'interconnexion du réseau national et régional.

Les éoliennes du projet des Grenouillettes respecteront la recommandation de RTE pour l'implantation des éoliennes, à savoir un recul d'une hauteur totale + 3 m au câble le plus proche. L'éolienne la plus proche (E4) présente une hauteur totale de 165 m et sera située à 169 m du câble le plus proche (soit une hauteur totale + 4 m). Les éoliennes du projet des Grenouillettes n'induiront donc pas de risque notable pour ce réseau électrique HTB.

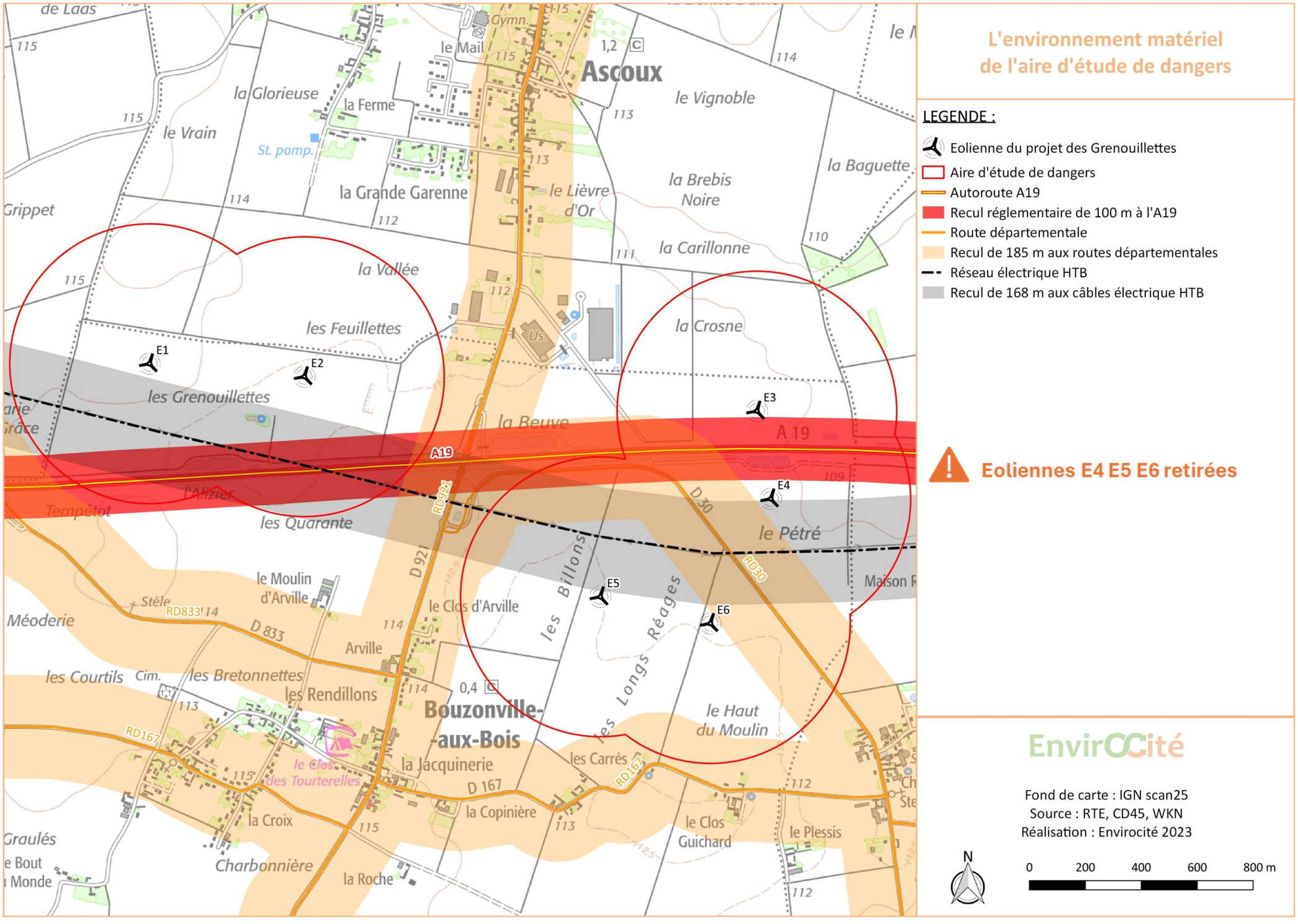


Photo 7 : pylône de la ligne électrique HTB dans l'aire d'étude de dangers

Aucune canalisation de gaz et aucun oléoduc n'est répertorié au sein de l'aire d'étude de dangers.

I.3.4 LES AUTRES OUVRAGES PUBLICS

Aucun autre ouvrage public n'est recensé dans l'aire d'étude de dangers.



Carte 11 : l'environnement matériel de l'aire d'étude de dangers

I.4 LA CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

L'environnement humain, naturel et matériel de l'étude de dangers est composé par :

- Des parcelles agricoles sur la quasi-totalité de l'emprise de l'aire d'étude de dangers ;
- Des bassins et délaissés autoroutiers longeant l'A19 ;
- Une voie communale et des chemins agricoles fréquentés pour l'exploitation des parcelles ;
- L'autoroute A19 avec un trafic journalier supérieur à 2 000 véhicules/jour ;
- La RD30 avec un trafic journalier inférieur à 2 000 véhicules/jour ;
- La double ligne électrique HTB exploitée par RTE.

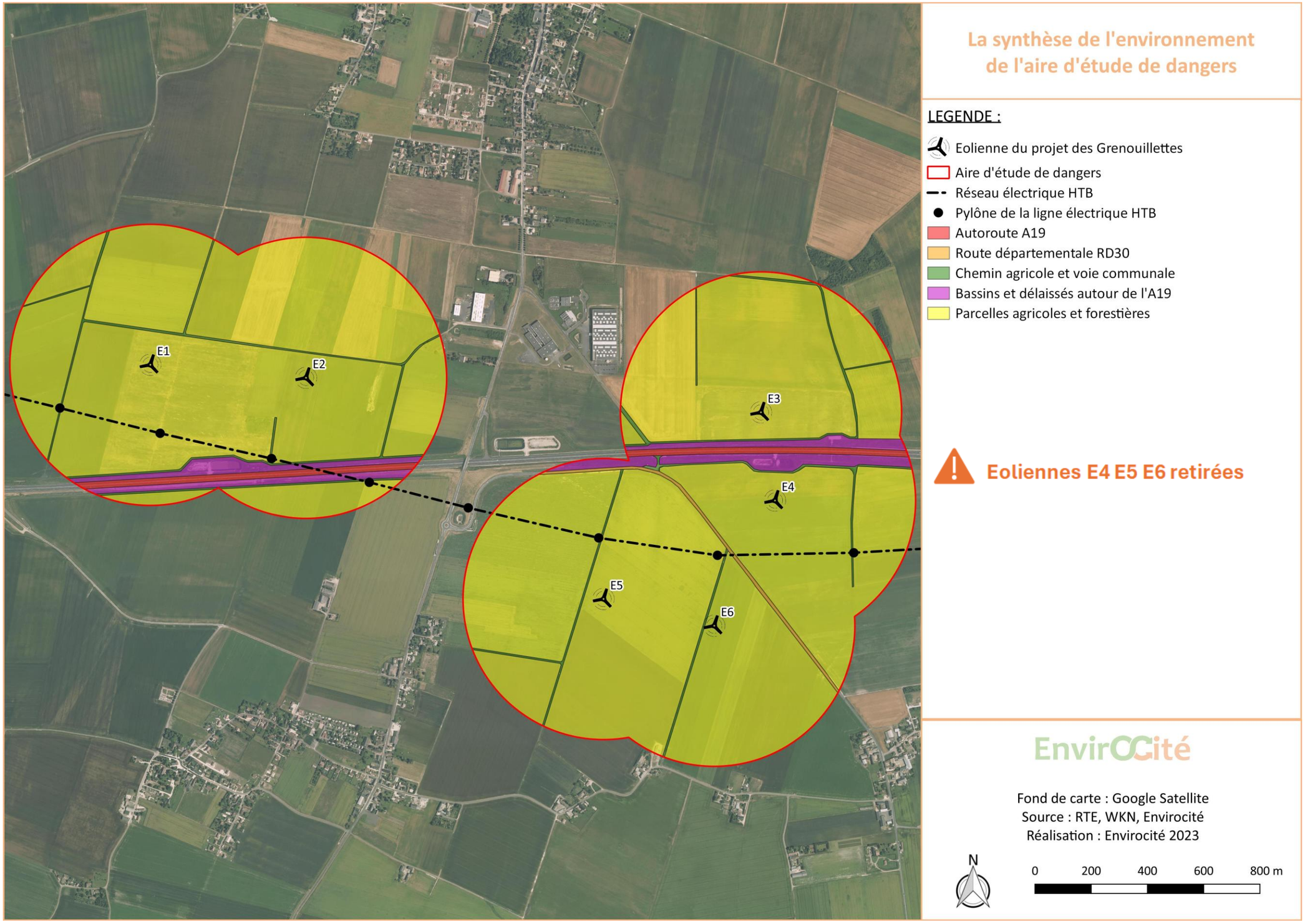
Au regard de l'annexe 1 basée sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne), une typologie des terrains présents au sein de l'aire d'étude de dangers a pu être réalisée. Cette démarche a permis d'identifier et de quantifier les personnes et les biens à protéger.

Plusieurs types de zones peuvent ainsi être définies :

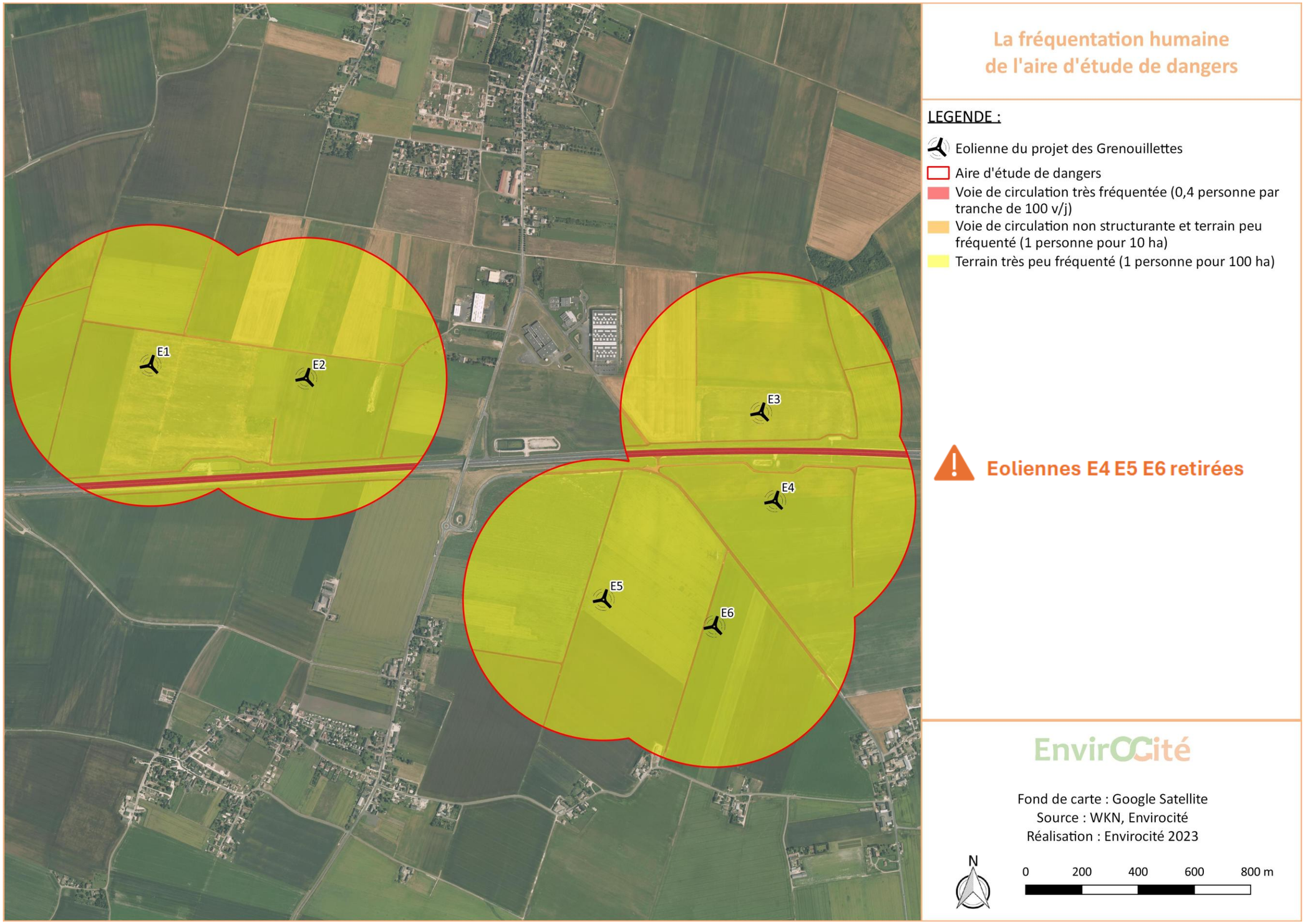
- Les parcelles agricoles, bassins et délaissés autoroutiers qui correspondent à des « *terrains non aménagés et très peu fréquentés* » (1 personne pour 100 ha) ;
- Les voies de circulation non structurantes (RD30, voie communale et chemins agricoles) qui correspondent à des « *terrains aménagés mais peu fréquentés* » (1 personne pour 10 ha) ;
- Une voie de circulation structurante (autoroute A19) avec un trafic journalier de 9 324 véhicules/jour. Le guide de l'INERIS recommande de comptabiliser 0,4 personnes par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour. Ainsi pour chaque kilomètre de l'autoroute, ce sont (9 324 / 100) x 0,4 personnes qui sont exposées, soit un total de 37,296 personnes.

La carte ci-après localise ces différents types de zones au sein de l'aire d'étude de dangers ainsi que les éléments de l'environnement humain, naturel et matériel à prendre en compte dans l'évaluation des risques d'accident.

L'aire d'étude de dangers est concernée par des parcelles agricoles, des bassins et délaissés autoroutiers et des chemins agricoles. Elle est traversée par une route structurante (A19), une route non structurante (RD30) et une double ligne électrique HTB.



Carte 12 : la synthèse de l'environnement de l'aire d'étude de dangers



Carte 13 : la fréquentation humaine de l'aire d'étude de dangers

J. LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION DE L'ÉOLIENNE E0

LA PRÉSENTE PARTIE NE CONCERNE QUE L'ÉOLIENNE E0, INSTALLATION AJOUTÉE AU PROJET INITIAL DU PARC ÉOLIEN DES GRENOUILLETTES.

J.1 L'ENVIRONNEMENT HUMAIN

J.1.1 L'HABITAT

L'aire d'étude de dangers de l'éolienne E0 du projet éolien des Grenouillettes concerne les communes de Laas, Bouzonville-aux-Bois et Ascoux.

L'habitation occupée la plus proche de l'éolienne E0 est située à 585 m. Elle concerne une habitation localisée en frange est du bourg de Laas. Aucun lieu habité n'est recensé dans l'aire d'étude de dangers (rayon de 500 m autour des éoliennes).

Aucun bâtiment n'est répertorié au sein de l'aire d'étude de dangers.

J.1.2 LES ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC

Aucun établissement recevant du public n'est recensé dans l'aire d'étude de dangers.

J.1.3 LES INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Aucune installation nucléaire de base n'est recensée dans l'aire d'étude de dangers.

L'installation classée la plus proche du projet concerne l'établissement HERA (ex CAROLL, entrepôt de stockage, situé dans la zone d'activité de la Crosne. Elle se localise à 1,9 km à l'est de l'éolienne E0. Cette installation est soumise au régime d'enregistrement ICPE pour la rubrique 1510 « entrepôt autorisé » pour un volume de 177 193 m^3. Elle est par ailleurs soumise au régime de déclaration pour le stockage de pneumatiques, la combustion et le stockage de produits pétroliers spécifiques et carburants de substitution. Les risques liés à cette installation concernent principalement le risque incendie, notamment lié au stockage de matériaux inflammables. Ce type de risque s'inscrit uniquement dans l'emprise de l'installation et n'est pas de nature à engendrer des incidences notables au sein de l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E0 du projet éolien des Grenouillettes.

Un site SEVESO seuil haut, l'établissement FM France, est présent le long de l'autoroute A19 à environ 2,3 km des éoliennes du projet (distance calculée en tenant compte de l'extension vers l'est de cet établissement autorisé par arrêté du 10/07/2023). Ce site fait l'objet de servitudes d'utilité publique instituées par arrêté préfectoral du 10/07/2023 qui concernent des parcelles adjacentes aux bâtiments d'exploitation. Elles ne sont pas de nature à induire une servitude au droit des installations et aménagements du projet éolien des Grenouillettes. Par ailleurs, au regard de l'éloignement de ce site SEVESO, il n'engendre aucun risque industriel (effets thermiques ou toxiques) sur l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E0 du projet éolien des Grenouillettes.

J.1.4 LES AUTRES ACTIVITÉS

L'activité agricole domine largement l'aire d'étude de dangers. Seule une zone de stockage de déchets verts est également présente au sud du bâtiment professionnel du paysagiste Thibault MASONNEAU. Cette zone présente une emprise totale de 8 386 m² (0,84 ha), dont 7 792 m² (0,78 ha) sont compris dans l'aire d'étude de dangers. La fréquentation maximale simultanée de cette zone est évaluée à 1 personne.

J.2 L'ENVIRONNEMENT NATUREL

J.2.1 LES RISQUES CLIMATIQUES

L'aire d'étude de dangers se localise sur la partie centrale du territoire français, elle est concernée par un climat océanique, altéré par des influences continentales périodiques, qui présente les caractéristiques suivantes :

- Des températures relativement douces toute l'année avec un minimum de 4,4°C recensé en moyenne au mois de janvier et un maximum de 19,7°C recensé en moyenne aux mois de juillet et août ;
- Des précipitations régulières sur l'année avec un maximum de 63 mm recensé en mai et un minimum de 44,2 mm recensé en mars ;
- Un ensoleillement modéré avec de grandes différences saisonnières, le maximum de 232 h par mois est recensé en juillet et le minimum de 60,9 heures par mois est recensé en décembre ;
- Des gelées assez fréquentes en hiver avec 48,6 jours en moyenne de températures inférieures à 0°C relevés chaque année mais de fortes gelées (T ≤ -5°C) assez rares avec seulement 7,1 jours recensés en moyenne par an.

Le climat n'induit donc pas de risques climatiques marqués sur l'aire d'étude de dangers. Seule la possibilité de gel en période hivernal est notée sur des occurrences limitées.

J.2.2 LES RISQUES NATURELS

Les risques naturels ayant fait l'objet d'arrêtés de catastrophes naturelles sur les communes de l'aire d'étude de dangers concernent essentiellement les inondations, les coulées de boue, les mouvements de terrain, les affaissements et effondrements (cavités souterraines hors mines) et les tassements différentiels (aléa retrait/gonflement d'argiles). Les risques naturels identifiés sur l'aire d'étude de dangers sont les suivants :

- Un risque faible de foudroiement lié aux orages avec en moyenne 0,8 arcs/km²/an ;
- Un risque de tempête modéré au regard de la position de l'aire d'étude de dangers à l'écart de toute façade littorale ;
- Un risque d'incendie très faible en l'absence de parcelles boisées ;
- Un risque sismique très faible ;
- Un risque de mouvements de terrain et de cavités modéré ;
- Un aléa retrait/gonflement d'argiles modéré pour l'éolienne E0 ;
- Un risque d'inondation nul au regard de l'absence de cours d'eau et de la position topographique en point haut de l'aire d'étude de dangers.

Les risques naturels sont donc globalement limités sur l'aire d'étude de dangers.

J.3 L'ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

J.3.1 LES CONTRAINTES RADARS ET AÉRONAUTIQUES

Concernant l'aviation civile, le projet éolien sera situé à plus des 5 km de l'éloignement recommandé de tout aérodrome. Il respectera les distances ce recul aux radars de l'aviation civile indiquées dans l'arrêté du 22 juin 2020 modifiant l'arrêté du 26 août 2011.

Par courrier du 5 août 2021, la DGAC indique que la zone du projet se localise dans le périmètre de protection du VOR(C)-PTV. Toutefois, au vu de la publication officielle sur le retrait de certains VOR dans le cadre du réseau minimum, le VOR(C)-PTV a cessé son activité au 31 décembre 2022. La contrainte liée à ce VOR n'est donc plus opérationnelle et n'empêche plus l'implantation d'éolienne. Aussi La contrainte à 2000 pieds indiquée dans ce même courrier du 5 aout 2021 limitant à 309 NGF semble ne plus exister.

La contrainte aujourd'hui la plus restrictive lié à l'aérodrome d'Orléans-Saint-Denis-de-l'Hôtel se situe à 2100 pieds correspondant à une altitude de 340 m. Les éoliennes présenteront une altitude maximale en bout de pale de 309,9 m NGF pour E0, 308,3 m NGF pour E1, 305,7 m NGF pour E2 et 275,5 m NGF pour E3. Elles respecteront donc l'altitude maximale de 340 m définie par l'aviation civile.

L'éolienne E0 se situent en dehors de toute zone de servitude définie par les services de l'armée. Le projet éolien des Grenouillettes n'aura donc aucun impact sur les activités de l'armée.

L'aire d'étude de dangers se situe à une distance de 75 km du radar le plus proche utilisé dans le cadre des missions de sécurité météorologique des personnes et des biens, à savoir le radar bande C de Trappes. Les installations du projet éolien ne perturberont pas le fonctionnement des radars utilisés par Météo-France pour assurer la sécurité météorologique des personnes et des biens.

J.3.2 LES VOIES DE COMMUNICATION

Seule la RD883 est présente au sein de l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E0. Cet axe routier accueillait en 2023 un trafic moyen journalier de 1 191 véhicules par jour, dont 58 de poids lourds à l'est du bourg de Laas, au sein de l'aire d'étude de dangers (comptage du CD45 au PR0002+0752_Laas). La RD883 n'est pas considérée comme un axe routier structurant (trafic < 2 000 véhicules/jour).

L'autoroute A19 est distante de 530 m de l'éolienne E0, cet axe structurant est donc localisé en dehors de l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E0. Le projet respecte donc le recul réglementaire de 100 m à cet axe routier et n'induit aucun risque en lien avec celle-ci.

J.3.3 LES RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

Deux lignes HTB 400 000 Volts sont localisées au sein de l'aire d'étude de dangers : les lignes DAMBRON – GATINAIS 1 et DAMBRON – GATINAIS 2. Elles disposent des mêmes pylônes de support. Ces lignes électriques présentent un caractère stratégique pour le réseau de transport HTB et participent à l'interconnexion du réseau national et régional.

L'éolienne E0 du projet des Grenouillettes respecteront la recommandation de RTE, à savoir un recul d'une hauteur totale + 3 m au câble le plus proche. L'éolienne E0 présente une hauteur totale de 194,5 m et sera située à 206 m du câble le plus proche (soit une hauteur totale + 11,5 m). Elle n'induira donc pas de risque notable pour ce réseau électrique HTB.

L'aire d'étude de dangers est essentiellement concernée par des parcelles agricoles et des chemins d'exploitation agricole. Notons la présence de la RD833 (route non structurante) et d'une zone de stockage de déchets verts qui concentrent la fréquentation humaine. L'aire d'étude de dangers est également traversée par deux lignes électriques HTB 400 kV exploitées par RTE. Pour autant, les éoliennes respectent les recommandations de recul préconisées par RTE à ces réseaux.

J.4 LA CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

L'environnement humain, naturel et matériel de l'étude de dangers de l'éolienne E0 est composé par :

- Des parcelles agricoles sur la quasi-totalité de l'emprise de l'aire d'étude de dangers ;
- La RD833 avec un trafic journalier inférieur à 2 000 véhicules/jour ;
- Des chemins agricoles fréquentés pour l'exploitation des parcelles ;
- Une zone de stockage de déchets verts qui accueille une fréquentation estimée au maximum d'une personnes sur 0,84 ha ;
- La double ligne électrique HTB exploitée par RTE.

Au regard de l'annexe 1 basée sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne), une typologie des terrains présents au sein de l'aire d'étude de dangers a pu être réalisée. Cette démarche a permis d'identifier et de quantifier les personnes et les biens à protéger.

Plusieurs types de zones peuvent ainsi être définies :

- Les parcelles agricoles qui correspondent à des « *terrains non aménagés et très peu fréquentés* » (1 personne pour 100 ha) ;
- Les voies de circulation non structurantes (RD833 et chemins agricoles) qui correspondent à des « *terrains aménagés mais peu fréquentés* » (1 personne pour 10 ha) ;
- La zone de stockage de déchets verts. Le guide de l'INERIS ne précise pas la fréquentation à retenir pour ce type d'activité. Il sera considéré, comme pour les zones d'activité, le nombre maximal de personnes présentes simultanément sur le site. Au regard de la présence maximale d'une personne pour une emprise totale de 0,84 ha, la fréquentation théorique maximale est donc évaluée à 1,2 personnes pour 1 ha.

La carte ci-après localise ces différents types de zones au sein de l'aire d'étude de dangers ainsi que les éléments de l'environnement humain, naturel et matériel à prendre en compte dans l'évaluation des risques d'accident.

L'aire d'étude de dangers est concernée par des parcelles agricoles, une route départementale, des chemins agricoles et une zone de stockage de déchets verts. Elle est traversée par une double ligne électrique HTB.

La description de l'environnement de l'aire d'étude de dangers



EnvirOCité

Fond de carte : Bing Virtual Earth
Source : Envirocité
Réalisation : Envirocité 2025

N 0 100 200 300 m

LEGENDE :

- Eolienne E0
- Aire d'étude de dangers de l'éolienne E0 (rayon de 500 m)
- Autoroute A19
- Route départementale
- Réseau électrique HTB aérien
- Pylone du réseau électrique HTB aérien
- Zone de stockage de déchets verts
- Parcelle agricole

Carte 14 : la description de l'environnement de l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E0

La fréquentation de l'aire d'étude de dangers



EnvirOCité

Fond de carte : Bing Virtual Earth
Source : Envirocité
Réalisation : Envirocité 2025

N 0 100 200 300 m

LEGENDE :

- Eolienne E0
- Aire d'étude de dangers de l'éolienne E0 (rayon de 500 m)
- Terrain très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha)
- Voie de circulation non structurante et terrain peu fréquenté (1 personne pour 10 ha)
- Zone de stockage de déchets verts (1,2 personnes pour 1 ha)

Carte 15 : la fréquentation de l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E0

K. LA 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, au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

K.1 LES 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 « plate-forme » ou « aire de grutage » ;
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien ») ;
- Un ou plusieurs poste(s) de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public) ;
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(x) poste(s) de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant 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…

K.1.1 LES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS D'UN AÉROGÉNÉRATEUR

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- Le rotor qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent ;
- Le mât est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique ;
- La nacelle abrite plusieurs éléments fonctionnels :
    - Le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
    - Le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
    - Le système de freinage mécanique ;
    - Le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
    - Les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
    - Le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

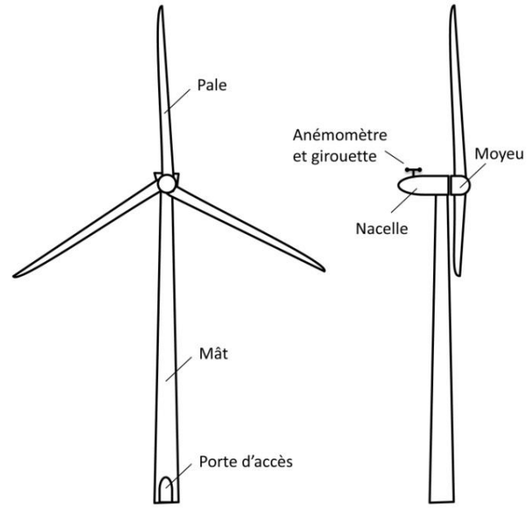


Figure 4 : schéma simplifié d'un aérogénérateur

K.1.2 L'EMPRISE AU SOL

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

- 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 ;
- L'aire de grutage 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 ;
- L'aire de stockage est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes.

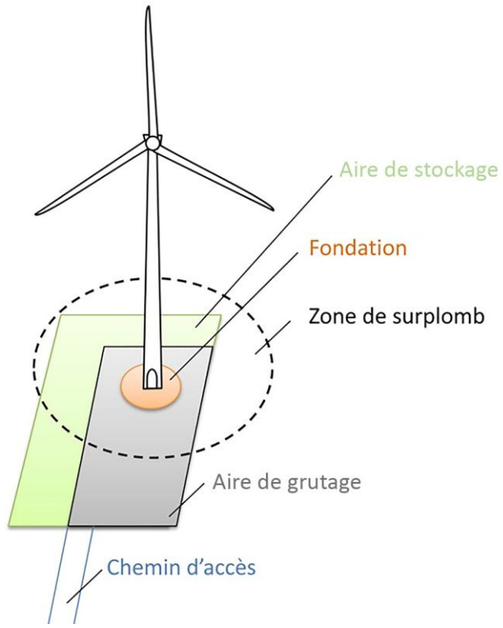


Figure 5 : les emprises au sol d'une éolienne et de ses aménagements annexes

K.1.3 LES CHEMINS D'ACCÈS

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des chemins 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 constituants 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).

K.1.4 LES AUTRES INSTALLATIONS

Aucune autre installation n'est envisagée dans le projet éolien des Grenouillettes.

K.2 L'ACTIVITÉ DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien des Grenouillettes est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent. Les éoliennes projetées présenteront une hauteur de moyeu variant entre 99 m et 114 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

K.3 LA COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien des Grenouillettes est composé de 6 aérogénérateurs et de 2 postes de livraison.

Les éoliennes présenteront les gabarits maximum suivants :

- Hauteur totale maximale en bout de pale de 194,5 m pour E0, E1, E2 et de 165 m pour E3 ;
- Hauteur maximale de moyeu de 113 m pour E0, E1, E2 et de 99 m pour E3 ;
- Diamètre maximal de rotor de 163 m pour E0, E1, E2 et de 136 m pour E3.

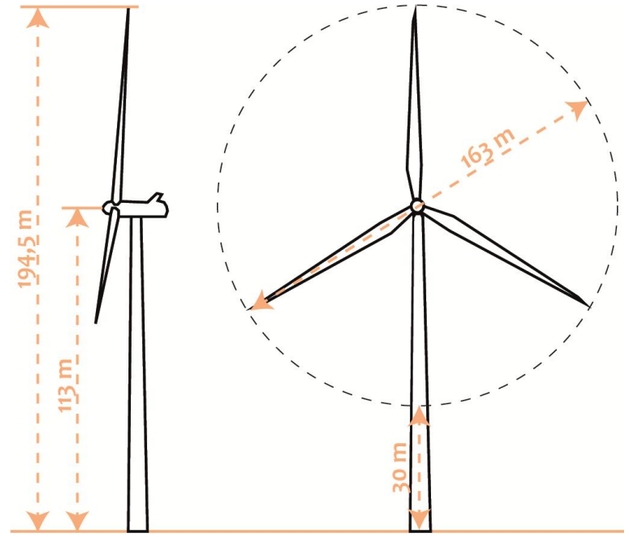


Figure 6 : les dimensions maximales du gabarit des éoliennes E0, E1 et E2

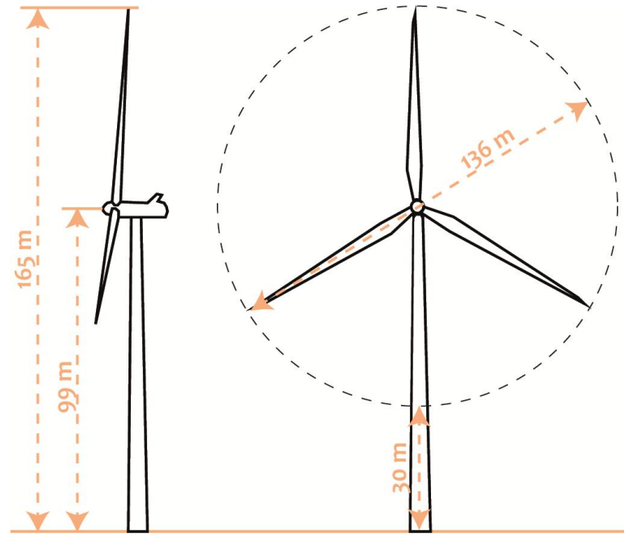


Figure 7 : les dimensions maximales du gabarit de l'éolienne E3

Les tableaux suivants indiquent les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison :

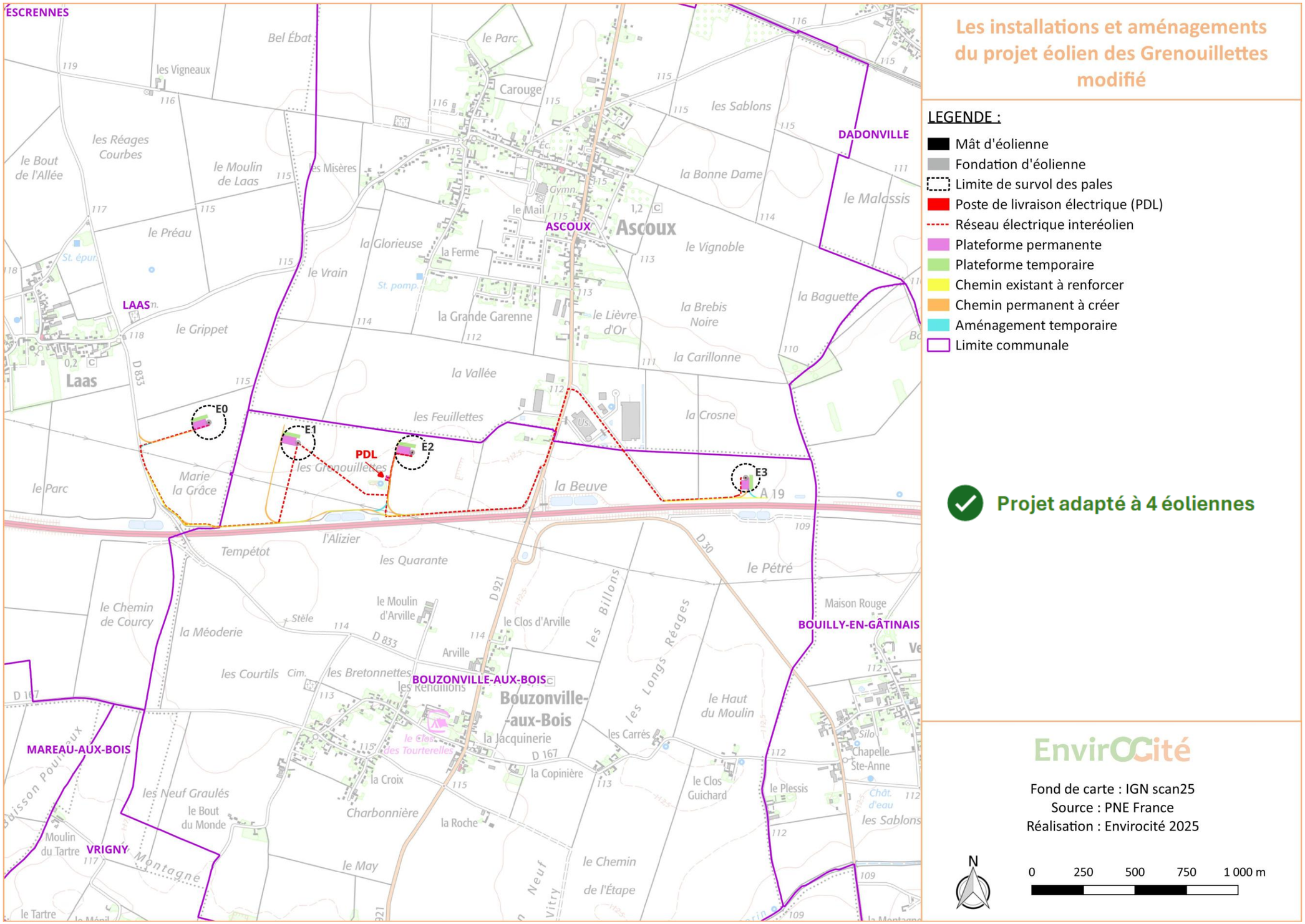
Tableau 28 : coordonnées GPS et altitude des éoliennes

ÉOLIENNE	X EN LAMBERT 93	Y EN LAMBERT 93	X EN WGS 84	Y EN WGS 84	ALTITUDE AU SOL EN NGF	ALTITUDE BOUT DE PALE EN NGF
E0	642520	6779869	2°13'39.2412" E	48°6'59.9814" N	115,4 m	309,9 m maximum
E1	642 952	6 779 770	2°14'0.1856" E	48°6'56.9110" N	113,8 m	308,3 m maximum
E2	643 506	6 779 724	2°14'27.0064" E	48°6'55.5944" N	111,2 m	305,7 m maximum
E3	645 124	6 779 600	2°15'45.3312" E	48°6'52.0744" N	110,5 m	275,5 m maximum

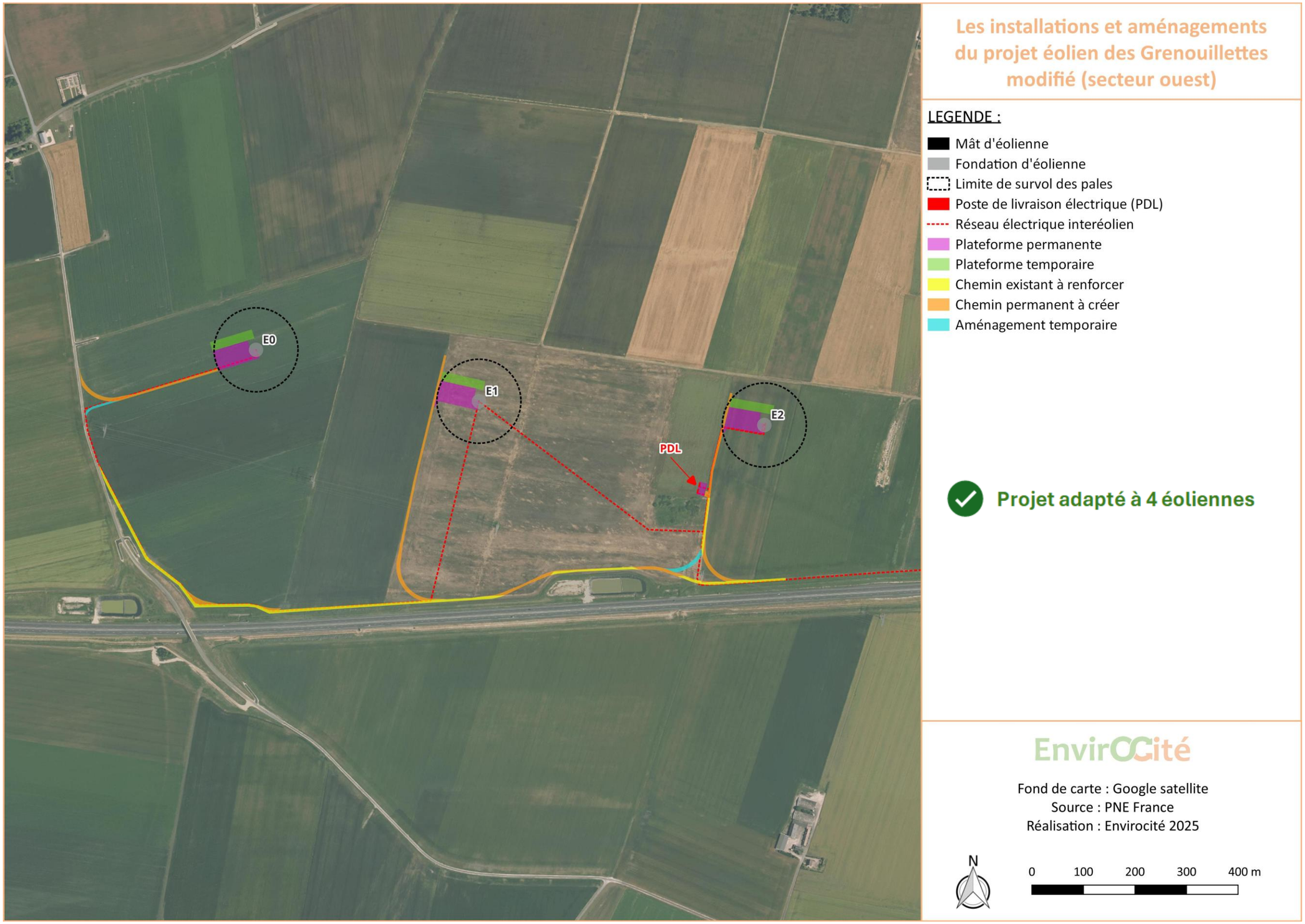
Tableau 29 : coordonnées GPS et altitude des postes de livraison électrique (PDL)

PDL	X EN LAMBERT 93	Y EN LAMBERT 93	X EN WGS 84	Y EN WGS 84	ALTITUDE AU SOL EN NGF	ALTITUDE DU TOIT EN NGF
PDL1	643380	6779607	2°14'20.9656" E	48°6'51.7651" N	112,5 m	115,2 m maximum
PDL2	643377	6779595	2°14'20.8417" E	48°6'51.3760" N	112,5 m	115,2 m maximum

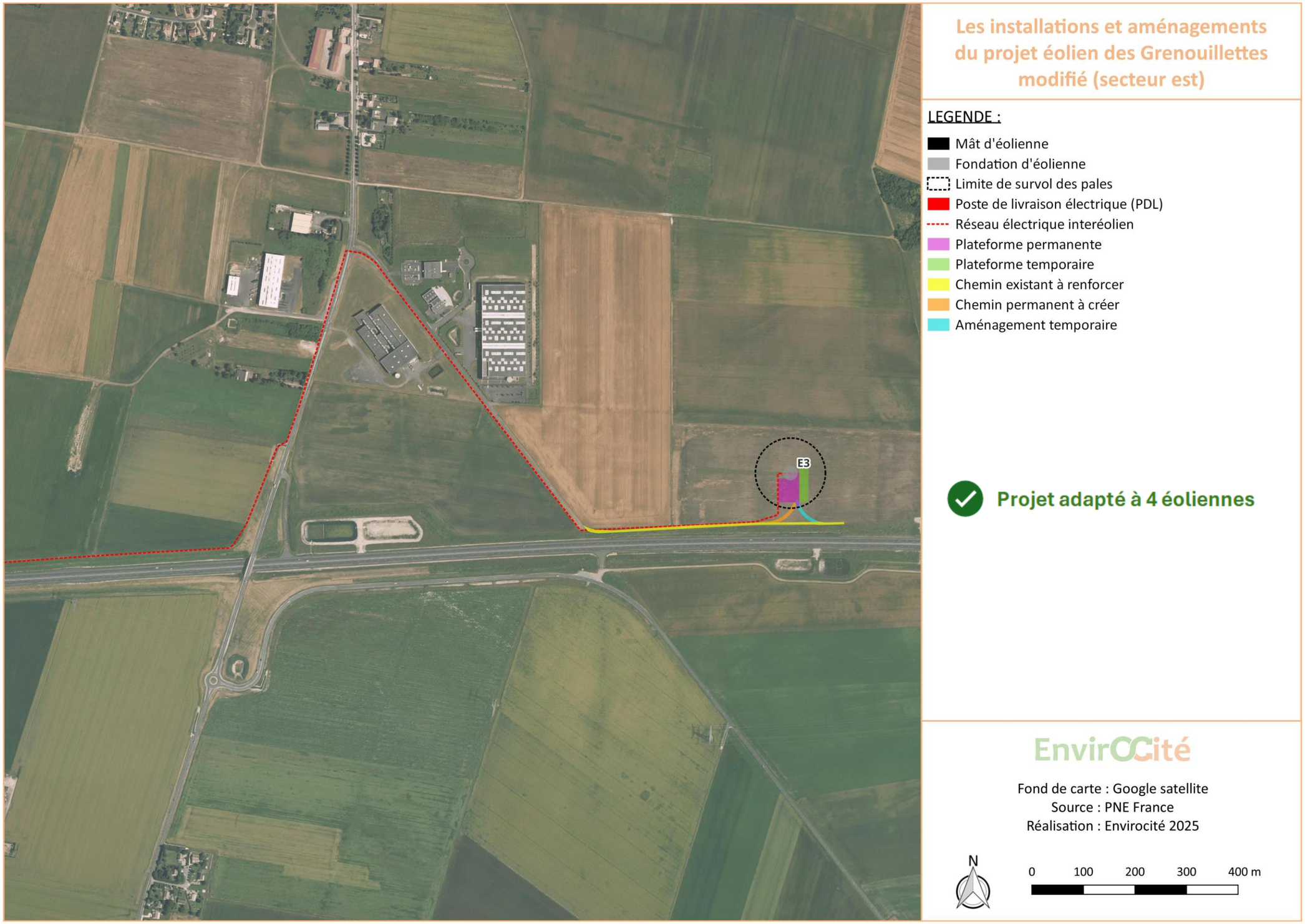
Les éoliennes du parc des Grenouillettes disposeront d'une puissance électrique totale de 7 MW maximum pour E0, E1, E2 et 4,2 MW maximum pour E3. Elles permettront une production annuelle de l'ordre de 53 000 000 kWh environ, soit une production électrique de 1 060 GWh environ sur une période de 20 ans.



Carte 16 : les installations et aménagements du projet éolien modifié à 4 éoliennes des Grenouillettes sur scan25



Carte 17 : les installations et aménagements du projet modifié à 4 éoliennes des Grenouillettes sur orthophotographie (secteur ouest)



Carte 18 : les installations et aménagements du projet modifié à 4 éoliennes des Grenouillettes sur orthophotographie (secteur est)

K.4 LE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

K.4.1 LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AÉROGÉNÉRATEUR

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h environ que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique (vitesses variant d'un modèle d'éolienne à un autre). Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 50 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ». Pour un aérogénérateur de 5 MW par exemple, la production électrique atteint 5 000 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 100 km/h environ (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 30 : la description des éléments constituant l'installation

ÉLÉMENT DE L'INSTALLATION	FONCTION	CARACTÉRISTIQUES
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Fondation d'un diamètre de 28 mètres maximum et d'une profondeur d'environ 3,5 mètres.
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Mât composé d'éléments béton et/ou acier tubulaire assemblés directement sur place. Diamètre à la base : environ 6 m. Hauteur de moyeu maximum de 113 m pour E0/E1/E2, 99 m pour E3.
Nacelle	Supporter le rotor et abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice…) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	La nacelle comprend le moyeu sur lequel se positionne le rotor, l'éventuel multiplicateur, le générateur électrique, le système parafoudre, le système d'orientation, l'arbre lent (et éventuellement rapide), le refroidisseur, le frein mécanique, les outils de mesure, un système de commande…
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Pales en matériaux composites. Diamètre maximal du rotor de 163 m pour E0/E1/E2, 136 m pour E3.
Transformateur	Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Intégré au mât de l'éolienne (au pied). Tension électrique en sortie de génératrice : 680 V Tension en sortie de transformateur : 20 000 V
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Raccordement privatif des éoliennes au poste de livraison en souterrain. Liaison publique jusqu'au poste source le plus proche. Tension : 20 000 V

K.4.2 LA SÉCURITÉ DE L'INSTALLATION

Le gabarit des éoliennes qui seront installées comprend une hauteur maximale en bout de pales de 165 à 194,5 mètres. Plusieurs marques et types d'éoliennes répondent à cette caractéristique et le choix final du fabricant interviendra suite à l'autorisation environnementale. C'est pourquoi, le descriptif des systèmes de sécurité de l'installation ci-après permet de démontrer que, quel que soit le choix final, les éoliennes retenues satisferont aux recommandations minimales prescrites dans l'arrêté du 26 aout 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées.

- Article 13 : 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.
- Article 14 : Chaque aérogénérateur sera identifié par un numéro, affiché en caractères lisibles sur son mât. Le numéro sera identique à celui généré à l'issue de la déclaration prévue à l'article 2.2 de l'arrêté. 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 concerneront notamment :
  - Les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;
  - L'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;
  - La mise en garde face aux risques d'électrocution ;
  - La mise en garde, le cas échéant, face au risque de chute de glace.
- Article 22 : 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 (notamment pour les défauts de structures des pales et du mât, pour les limites de fonctionnement des dispositifs de secours notamment les batteries, pour les défauts de serrages des brides) ;
  - Les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;
  - Les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours ;
  - Le cas échéant, les informations à transmettre aux services de secours externes (procédures à suivre par les personnels afin d'assurer l'accès à l'installation aux services d'incendie et de secours et de faciliter leur intervention).

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 sables, incendie ou inondation.

- Article 23 : chaque aérogénérateur retenu 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. 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.
- Article 24 : En cas de détection d'un fonctionnement anormal notamment en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse d'un aérogénérateur, l'exploitant ou une personne qu'il aura désigné et formé est en mesure :
  - de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées à l'article 22 dans un délai maximal de 60 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur ;
  - de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.
- Article 25 : chaque aérogénérateur sera équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur sera mis à l'arrêt dans un délai maximal de 60 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 permettant de prévenir la projection de glace. Cette procédure figurera parmi les consignes de sécurité mentionnées à l'article 22. Lorsqu'un référentiel technique permettant de déterminer l'importance de glace formée nécessitant l'arrêt de l'aérogénérateur sera reconnu par le ministre des installations classées, l'exploitant respecte les règles prévues par ce référentiel.

K.4.3 LES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Toujours conformément à l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021 :

- Article 17 : Avant toute mise en service industrielle, l'exploitant réalise des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité.

  Suivant une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur. Les résultats de ces tests seront consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19.

  Les installations électriques intérieures et les postes de livraison sont maintenus en bon état et sont contrôlés par un organisme compétent à fréquence annuelle après leur installation ou leur modification. L'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports de contrôle seront fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé. Les rapports de contrôle des installations électriques seront annexés au registre de maintenance visé à l'article 19.
- Article 18 : trois mois, puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne pourra excéder trois ans, l'exploitant procèdera à un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât de chaque aérogénérateur. Le contrôle de l'ensemble des brides et des fixations de chaque aérogénérateur pourra être lissé sur trois ans tant que chaque bride respecte la périodicité de trois ans.

  Selon une périodicité définie en fonction des conditions météorologiques et qui ne pourra excéder 6 mois, l'exploitant procèdera à un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être endommagés, notamment par des impacts de foudre, au regard des limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt spécifiées dans les consignes établies en application de l'article 22 du présent arrêté.

  L'installation sera équipée de systèmes instrumentés de sécurité, de détecteurs et de systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation, notamment en cas d'incendie, de perte d'intégrité d'un aérogénérateur ou d'entrée en survitesse.

  L'exploitant tiendra à jour la liste de ces équipements de sécurité, précisant leurs fonctionnalités, leurs fréquences de tests et les opérations de maintenance destinées à garantir leur efficacité dans le temps.

  Selon une fréquence qui ne pourra excéder un an, l'exploitant procède au contrôle de ces équipements de sécurité afin de s'assurer de leur bon fonctionnent.

  La liste des équipements de sécurité ainsi que les résultats de l'ensemble des contrôles prévus par le présent article seront consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19.
- Article 19 : l'exploitant disposera d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel seront précisées la nature et les fréquences des opérations de maintenance qui devront être effectuées afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation, ainsi que les modalités de réalisation des tests et des contrôles de sécurité, notamment ceux visés par le présent arrêté. L'exploitant tiendra à jour, pour son installation, un registre dans lequel seront consignées les opérations de maintenance qui ont été effectuées, leur nature, les défaillances constatées et les opérations préventives et correctives engagées.
- Article 20 : l'exploitant éliminera ou fera éliminer les déchets produits dans des conditions propres à garantir les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. Il s'assurera que les installations utilisées pour cette élimination seront régulièrement autorisées à cet effet. Le brûlage des déchets à l'air libre sera interdit.
- Article 21 : les déchets non dangereux (définis à l'article R. 541-8 du code de l'environnement) et non souillés par des produits toxiques ou polluants seront récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées. Les seuls modes d'élimination autorisés pour les déchets d'emballage seront la valorisation par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux utilisables ou de l'énergie. Cette disposition ne sera pas applicable aux détenteurs de déchets d'emballage qui en produisent un volume hebdomadaire inférieur à 1 100 litres et qui les remettent au service de collecte et de traitement des collectivités.

K.4.4 LE STOCKAGE ET LES 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.

K.5 LE FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX DE L'INSTALLATION

K.5.1 LE RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE

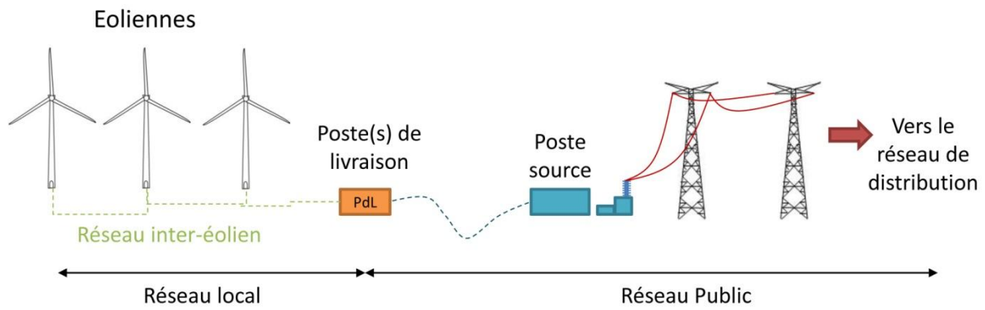


Figure 8 : le raccordement électrique des installations

K.5.2 LE RÉSEAU INTER-ÉOLIEN

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur comprise entre 80 et 120 cm.

K.5.3 LES POSTES DE LIVRAISON

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

La localisation exacte de l'emplacement 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.

K.5.4 LE RÉSEAU ÉLECTRIQUE EXTERNE

Le réseau électrique externe relie 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. Il est lui aussi entièrement enterré.

K.5.5 LES AUTRES RÉSEAUX

Le parc éolien des Grenouillettes ne comportera aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne seront reliées à aucun réseau de gaz.

Le parc éolien des Grenouillettes se composera de six éoliennes et de deux postes de livraison électrique. Ces installations disposeront de dispositifs de sécurité conformes à la réglementation. Elles feront l'objet d'une maintenance périodique garantissant leur pérennité en phase d'exploitation.

L. L'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…

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.

L.1 LES POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PRODUITS

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien des Grenouillettes seront 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 seront traités en tant que déchets industriels spéciaux ;
- Produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyants…) et déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage…).

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

Pour chaque catégorie de déchet, les dangers potentiels (explosif, comburant, carburant …) seront mentionnés sur les fiches de données sécurité qui les concernent en tant que produit. L'exploitant s'engage à fournir aux autorités compétentes la liste des produits utilisés ainsi que les risques associés à chacun de ses produits lors de la mise en service de l'installation.

L.2 LES POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant.

Tableau 31 : les dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation

INSTALLATION OU SYSTÈME	FONCTION	PHÉNOMÈNE REDOUTÉ	DANGER POTENTIEL
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Échauffement des pièces mécaniques et flux thermique
Pale	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Énergie cinétique d'éléments de pales
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute
Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments	Energie cinétique de chute
		Chute de nacelle	Energie cinétique de chute
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets

L.3 LA RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS À LA SOURCE

L.3.1 LES PRINCIPALES ACTIONS PRÉVENTIVES

Afin de réduire à la source les potentiels de dangers, plusieurs mesures ont été prises lors de la conception du projet tant du point de vue de l'emplacement des installations et que des caractéristiques des éoliennes au regard des enjeux potentiels identifiés :

- Conformément à la législation, les éoliennes sont distantes de plus de 500 m des habitations les plus proches ;
- Aucune installation classée n'est située à moins de 500 m des éoliennes projetées ;
- Les éoliennes retenues sont situées à plus d'une hauteur totale + 3 m des lignes électriques HTB exploitées par RTE ;
- Les éoliennes retenues seront conformes aux servitudes de l'aviation civile ;
- Les éoliennes retenues sont en dehors des servitudes de l'armée de l'air.

Les éoliennes seront par ailleurs certifiées selon la norme NF EN 61 400-1 ou IEC 61400-1 dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale (ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union Européenne) et adaptées aux conditions de vent évaluées préalablement sur le site. Les éoliennes sont en effet rangées dans des classes définies en fonction de la vitesse moyenne de vent, de la vitesse maximale et des turbulences. L'adéquation de l'éolienne retenue au site sera validée par le fournisseur d'éoliennes.

Chaque aérogénérateur sera équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur 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.

L.3.2L'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 États-membres une autorisation environnementale avant leur mise en service.

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

Les installations comporteront très peu de produits polluants. Elles seront éloignées des infrastructures susceptibles d'induire des dangers externes. Les dangers potentiels liés au projet concerneront essentiellement son fonctionnement (chute ou projection d'éléments, effondrement, échauffement de pièces mécaniques, courts-circuits électriques…).

M. L'ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE

M.1 L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

M.1.1LES ACCIDENTS ET INCIDENTS RECENSÉS AVANT MARS 2012

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

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

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

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

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

Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques.

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction...) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs.

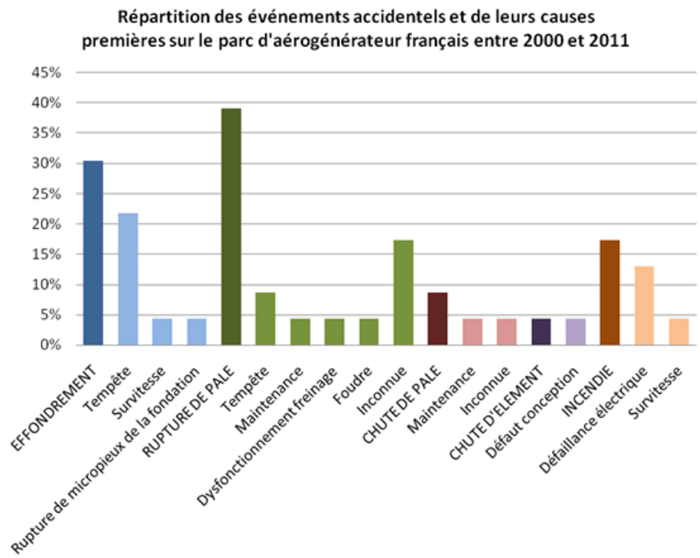


Figure 9 : Répartition des évènements accidentels et de leurs causes en France (source : guide technique, mai 2012)

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-dessous. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur claire.

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

M.1.2LES ACCIDENTS ET INCIDENTS RECENSÉS DEPUIS MARS 2012

La base ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) recense en effet les incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement. Pour l'essentiel, ces événements résultent de l'activité d'usines, ateliers, dépôts, chantiers, carrières, élevages… classés au titre de la législation relative aux Installations Classées (cf. http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/).

Une recherche complémentaire sur la base ARIA concernant la période s'étalant de début 2012 à fin 2022 a permis de recenser une centaine d'autres incidents sur des parcs éoliens (hors incidents sur la faune volante). Ils sont listés et détaillés en annexe de la présente étude de dangers.

M.2 L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS À L'INTERNATIONAL

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

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

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

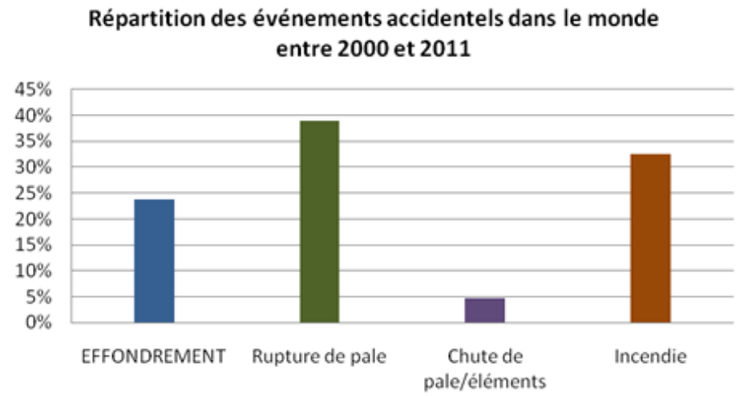


Figure 10 : Répartition des évènements accidentels dans le monde (source : guide technique, mai 2012)

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

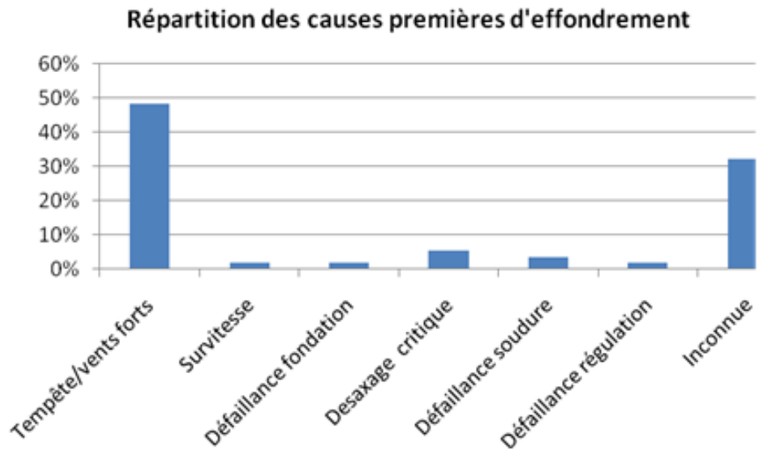


Figure 11 : Répartition des causes premières d'effondrement (source : guide technique, mai 2012)

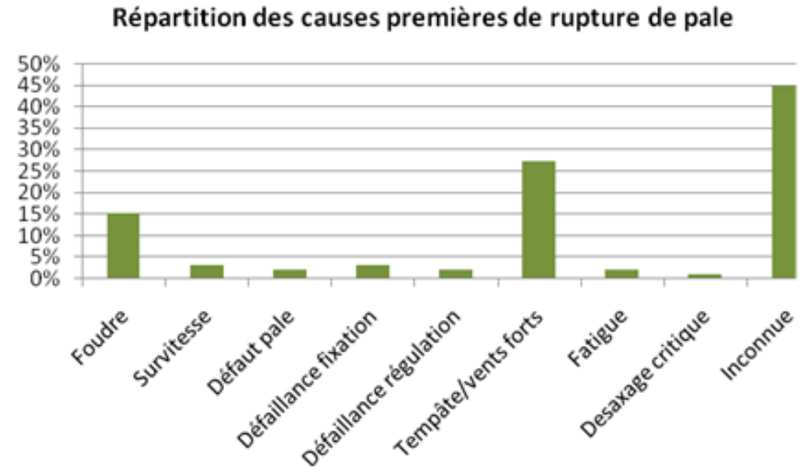


Figure 12 : Répartition des causes premières de rupture de pale (source : guide technique, mai 2012)

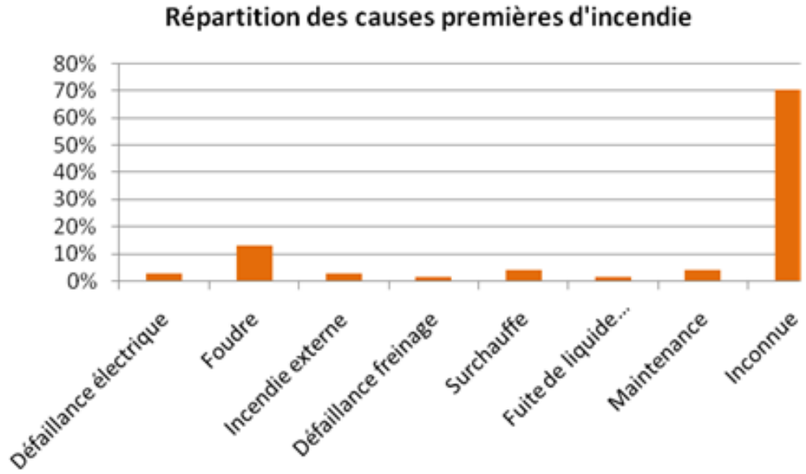


Figure 13 : Répartition des causes premières d'incendie (source : guide technique, mai 2012)

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

Le détail des incidents recensés sur les parcs éoliens en France entre 2012 et 2022 est présenté en annexe de la présente étude. La typologie des incidents répertoriées est sensiblement similaire aux éléments présentés ci-avant et ne modifie pas le retour d'expérience réalisé sur la base des éléments de la période 2000/2011.

M.3 L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

Aucun accident majeur n'est recensé sur les sites en exploitation de la société SAS Parc Éolien de la Vève future exploitante du parc éolien, ou de la société WKN France.

M.4 LA SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

M.4.1L'ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

À partir de l'ensemble des phénomènes dangereux qui ont été recensés en mars 2012, il est possible d'étudier leur évolution en fonction du nombre d'éoliennes installées.

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

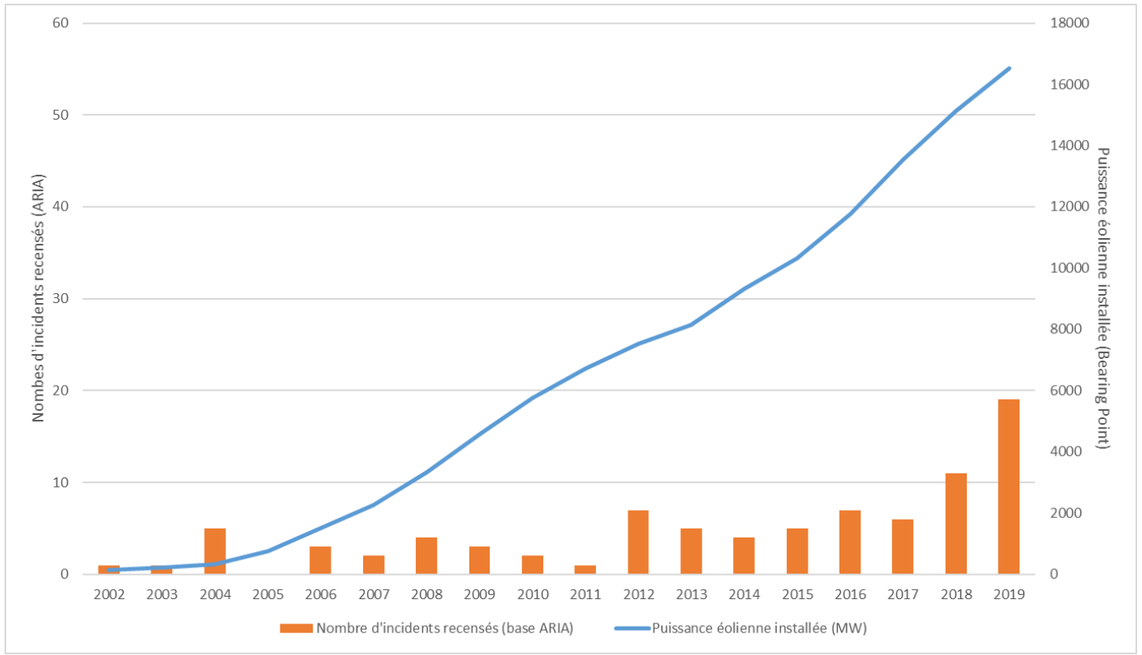


Figure 14 : l'évolution du nombre d'incidents annuels en France et de la puissance éoliennes installée (sources : RTE, ENEDIS, base ARIA))

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.

On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accident reste relativement constant. Pour rappel, sur la période 2000 à 2012, 37 accidents ont été observés, soit en moyenne environ 3 accidents par an. Pour la période 2012 à 2019, alors que le nombre d'éoliennes installées a très nettement augmenté, 71 incidents ont été recensés par la base de données ARIA. Ce chiffre représente environ 8 incidents par an en moyenne, pour un nombre d'éoliennes très nettement plus important. Ce constat montre que si le nombre d'aérogénérateurs installés s'accroit nettement, le nombre d'accident tend à s'accroître moins significativement avec l'amélioration des technologies, des maintenances préventives et des retours d'expérience.

M.4.2L'ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FRÉQUENTS

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

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

M.5 LES LIMITES DE L'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

Les retours d'expériences mettent en avant un nombre limité d'incidents et d'accidents au regard du nombre d'installations en exploitation. Les accidents recensés concernent essentiellement l'effondrement d'éolienne, la rupture de pale, la chute de pales ou d'éléments et les incendies.

N. L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

N.1 L'OBJECTIF DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

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

N.2 LE RECENSEMENT DES ÉVÈNEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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

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

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

N.3 LE RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

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

Deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

N.3.1 LES AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX ACTIVITÉS HUMAINES

Le tableau suivant synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines.

Tableau 32 : agressions externes liées aux activités humaines

INFRASTRUCTURE	FONCTION	ÉVÉNEMENT REDOUTÉ	DANGER POTENTIEL	PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE	ÉOLIENNE(S) CONCERNÉE(S)
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	E3 et E4 vis-à-vis de l'autoroute A19
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 000 m	Aucune
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	E4 vis-à-vis de la ligne HTB
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Aucune

Un trafic moyen journalier de 9 324 véhicules par jour, dont 13,5 % de poids lourds, était recensé en 2019 sur l'autoroute A19. Cet axe appartient au réseau autoroutier national. Les éoliennes E3 et E4 sont situées à moins de 200 m de cette autoroute : E3 est localisée à 123 m au nord de la bande d'arrêt d'urgence, E4 est située à 168 m au sud de la bande d'arrêt d'urgence. Les risques liés à l'autoroute concernent les phénomènes accidentels liés à la sortie de route de véhicules ou au transport de matières dangereuses.

Dans le premier cas, le risque qu'un véhicule soit projeté à 123 m des limites de la bande d'arrêt d'urgence et puisse atteindre l'éolienne E3 (la plus proche) est jugé nul. Précisons qu'une glissière de sécurité longe l'autoroute pour limiter le risque de sortie de véhicule de l'emprise de la voie.

Dans le second cas, le risque d'explosion ou d'incendie d'un véhicule sur l'autoroute est susceptible de concerner les abords immédiats de cet axe. L'impact de ce type de phénomène décroit fortement en s'écartant de l'axe, il est jugé limité au-delà d'une centaine de mètres. Rappelons à ce titre que le code de l'urbanisme prévoit une bande inconstructible de 100 m autour des autoroutes. Au regard de l'éloignement de 123 m de l'éolienne la plus proche, ce risque est jugé négligeable. Il n'est pas de nature à induire un risque d'agression externe notable sur les éoliennes du projet des Grenouillettes.

N.3.2 LES AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX PHÉNOMÈNES NATURELS

Le tableau suivant synthétise les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels.

Tableau 33 : agressions externes liées aux phénomènes naturels

AGRESSION EXTERNE	INTENSITÉ
Vents et tempête	Risque tempête jugé modéré. La station Météo France d'orléans indique en moyenne 0,7 jour par an avec des rafales supérieures à 28 m/s (soit 100 km/h). La vitesse de vent maximale enregistrée a atteint 42 m/s (soit 151 km/h) le 26 décembre 1999. Le choix des aérogénérateurs sera adapté aux caractéristiques de vent mesuré
Foudre	Densité d'arc de foudre faible de l'ordre d'environ 0,8 arcs/km²/an Les aérogénérateurs retenus respecteront la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305-3 (Décembre 2006)
Glissement de sols/ affaissement minier	Aucune cavité n'est répertoriée au sein de l'aire d'étude de dangers. Un risque karstique est toutefois possible, une étude géotechnique sera réalisée en amont du chantier afin de préciser ce risque au niveau des fondations des éoliennes. Le risque de tassements par retrait-gonflement des argiles est faible pour quatre éoliennes et nul pour deux éoliennes.

Comme il a été précisé précédemment, les agressions externes liées à des inondations, à des incendies de forêt ou de cultures, 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 ou la norme EN 62 305-3 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…). 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.

N.4 LES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'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, « 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).

Tableau 34 : les scénarios étudiés

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	Échauffement 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	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2

N°	ÉVÉNEMENT INITIATEUR	ÉVÉNEMENT INTERMÉDIAIRE	ÉVÉNEMENT REDOUTÉ CENTRAL	FONCTION DE SÉCURITÉ (INTITULÉ GÉNÉRIQUE)	PHÉNOMÈNE DANGEREUX	QUALIFICATION DE LA ZONE D'EFFET
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement 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	Écoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	ÉVÉNEMENT INITIATEUR	ÉVÉNEMENT INTERMÉDIAIRE	ÉVÉNEMENT REDOUTÉ CENTRAL	FONCTION DE SÉCURITÉ (INTITULÉ GÉNÉRIQUE)	PHÉNOMÈNE DANGEREUX	QUALIFICATION DE LA ZONE D'EFFET
				Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)		

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.

N.5 LES 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 génériques présenté ci-dessus.

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

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

Aucune installation ICPE ou autre infrastructure ne se situe dans ce périmètre de 100 m. C'est la raison pour laquelle il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.

N.6 LA MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes. Selon le guide technique de mai 2012, une simple description des mesures de sécurité mises en œuvre sur leurs machines, et de leurs critères de défaillance est conduite ci-dessous. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité ;
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple ;
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action) ;
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires ;
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non ») ;
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité ;
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation ;
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation ;
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Tableau 35 : la description des 12 fonctions de sécurité (source : guide technique, mai 2012)

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 redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage pourra 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.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

FONCTION DE SÉCURITÉ	PRÉVENIR L'ATTEINTE DES PERSONNES PAR LA CHUTE DE GLACE	N° DE LA FONCTION DE SÉCURITÉ	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine Éloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

FONCTION DE SÉCURITÉ	PRÉVENIR L'ÉCHAUFFEMENT SIGNIFICATIF DES PIÈCES MÉCANIQUES	N° DE LA FONCTION DE SÉCURITÉ	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis selon une périodicité qui ne pourra excéder 3 ans conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020. 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 sera constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système avant toute mise en service industrielle. L'exploitant réalisera des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité. Selon une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur, conformément à l'article 8 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021. 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 seront équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques sera suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prendra 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 seront intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques non visées par la directive du 17 mai 2006, notamment les installations extérieures à l'aérogénérateur, respecteront les normes NF C 15-100, NF C 13-100 et NF C 13-200. Un rapport de contrôle d'un organisme compétent attestera de la conformité de l'ensemble des installations électriques, avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021.		

FONCTION DE SÉCURITÉ	PRÉVENIR LES EFFETS DE LA FOUDRE	N° DE LA FONCTION DE SÉCURITÉ	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400-24 Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre selon une périodicité qui ne pourra excéder 6 mois, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.		

FONCTION DE SÉCURITÉ	PROTECTION ET INTERVENTION INCENDIE	N° DE LA FONCTION DE SÉCURITÉ	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours		
Description	Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduiront à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme sera envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne sera également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du système avant toute mise en service industrielle. L'exploitant réalisera des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité. Selon une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021 Le matériel incendie (type extincteurs) sera contrôlé périodiquement par le fabriquant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative 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 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. Les opérations de vidange feront l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectuera de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : • de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; • d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; • de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

FONCTION DE SÉCURITÉ	PRÉVENIR LES DÉFAUTS DE STABILITÉ DE L'ÉOLIENNE ET LES DÉFAUTS D'ASSEMBLAGE (CONSTRUCTION – EXPLOITATION)	N° DE LA FONCTION DE SÉCURITÉ	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints...) 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 répondront au standard IEC 61 400-1. Les pales respecteront le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes seront protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	NA
Maintenance	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…) seront vérifiés avant toute mise en service industrielle. L'exploitant réalisera des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité. Selon une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021.

FONCTION DE SÉCURITÉ	**PRÉVENIR LES ERREURS DE MAINTENANCE**	**N° DE LA FONCTION DE SÉCURITÉ**	**10**
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	À préciser si possible		
Maintenance	NA		

FONCTION DE SÉCURITÉ	**PRÉVENIR LES RISQUES DE DÉGRADATION DE L'ÉOLIENNE EN CAS DE VENT FORT**	**N° DE LA FONCTION DE SÉCURITÉ**	**11**
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite		

Description	L'éolienne sera mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	< 1 min
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne pourront être envisagés.
Tests	NA
Maintenance	Mise en place de contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (brides, joints...). Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, 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…) seront vérifiés avant toute mise en service industrielle. L'exploitant réalisera des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité. Selon une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021. Notamment, 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 installations électriques intérieures et les postes de livraison sont maintenus en bon état et sont contrôlés par un organisme compétent à fréquence annuelle après leur installation ou leur modification. L'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports de contrôle sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé. Les rapports de contrôle des installations électriques sont annexés au registre de maintenance visé à l'article 19.

N.7 LA CONCLUSION DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

Tableau 36 : justification des scénarios exclus de l'étude détaillée (source : guide technique, mai 2012)

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 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021 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 inexistants du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 impose notamment le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200).
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

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

- S1 : Effondrement de l'éolienne ;
- S2 : Chute de glace ;
- S3 : Chute d'éléments de l'éolienne ;
- S4 : Projection de tout ou une partie de pale ;
- S5 : Projection de glace.

Cinq scénarios d'accidents nécessitent d'être analysés dans l'étude détaillée des risques. 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.

O. L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES POUR LE PROJET INITIAL À 6 ÉOLIENNES

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.

O.1 LE RAPPEL DES DÉFINITIONS

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005. Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et de toxique.

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

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

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode ad hoc préconisée par le guide technique nationale relatif à l'étude de dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version de mai 2012. Les tableaux suivants sont issus de ce guide. 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.

O.1.1LA 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. Ce paramètre ne sera donc pas détaillé à nouveau dans chacun des phénomènes redoutés étudiés par la suite.

O.1.2L'INTENSITÉ

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

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

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

Dans le cas de scénarios de projection, l'annexe II de cet arrêté précise : « *Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, l'évaluation des effets de projection d'un phénomène dangereux nécessite, le cas échéant, une analyse, au cas par cas, justifiée par l'exploitant. Pour la délimitation des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, cette délimitation s'appuie sur une analyse au cas par cas proposée par l'exploitant* ». C'est pourquoi, pour chacun des événements accidentels retenus (chute d'éléments, chute de glace, effondrement et projection), deux valeurs de référence ont été retenues :

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

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

Tableau 37 : les niveaux d'intensité

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. Pour calculer ces surfaces, les valeurs maximales du gabarit d'éolienne sont systématiquement retenues (calcul du pire des cas).

O.1.3LA GRAVITÉ

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

Tableau 38 : les niveaux 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 »

O.1.4LA PROBABILITÉ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

O.2 LA CARACTÉRISATION DES SCÉNARIOS RETENUS POUR LE PROJET INITIAL À 6 ÉOLIENNES

O.2.1L'EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

O.2.1.1 LA 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 :

- 194,5 m pour les éoliennes E1 et E2 ;
- 165 m pour les éoliennes E3 et E4 ;
- 180 m pour les éoliennes E5 et E6.

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.

O.2.1.2 L'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 en projet. R est la longueur de pale (R= 81,5 m pour E1 et E2, 68 m pour E3 et E4, 72,5 m pour E5 et E6), H la hauteur du mât (H= 113 m pour E1 et E2, 99 m pour E3 et E4, 114 m pour E5 et E6), L la largeur du mât (L= 6 m pour toutes les éoliennes) et LB la largeur maximale de la pale (LB= 4,5 m pour toute les éoliennes).

Tableau 39 : 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, SOIT 194,5 M POUR E1 ET E2, 165 M POUR E3 ET E4, 180 M POUR E5 ET E6)				
ÉOLIENNES	**ZONE D'IMPACT EN M²**	**ZONE D'EFFET DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN M²**	**DEGRÉ D'EXPOSITION DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN %**	**INTENSITÉ**
	Z_I = (H) x L + 3*R*LB/2	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$	Z_I / Z_E	
E1/E2	1 228 m²	118 847 m²	1,03 %	Exposition forte
E3/E4	1 053 m²	85 530 m²	1,23 %	Exposition forte
E5/E6	1 173m²	101 788 m²	1,15 %	Exposition forte

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

O.2.1.3 LA GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement.

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles, bassins et délaissés autoroutiers), la zone d'effet du scénario d'effondrement de l'éolienne est de :

- 116 349 m², soit 11,6 ha pour l'éolienne E1 ;
- 116 920 m², soit 11,7 ha pour l'éolienne E2 ;
- 79 652 m², soit 8,0 ha pour l'éolienne E3 ;
- 84 106 m², soit 8,4 ha pour l'éolienne E4 ;
- 99 759 m², soit 10,0 ha pour l'éolienne E5 ;
- 99 526 m², soit 10,0 ha pour l'éolienne E6.

Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation de fréquentation d'1 personne pour 100 ha.

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voie communale et chemins agricoles), la zone d'effet du scénario d'effondrement de l'éolienne est de :

- 2 498 m², soit 0,25 ha pour l'éolienne E1 ;
- 1 927 m², soit 0,19 ha pour l'éolienne E2 ;
- 1 543 m², soit 0,15 ha pour l'éolienne E3 ;
- 1 424 m², soit 0,14 ha pour l'éolienne E4 ;
- 2 029 m², soit 0,20 ha pour l'éolienne E5 ;
- 2 262 m², soit 0,23 ha pour l'éolienne E6.

Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne pour 10 ha.

Pour l'autoroute A19, le linéaire concerné par le risque d'effondrement de l'éolienne est de :

- 0 m pour l'éolienne E1 ;
- 0 m pour l'éolienne E2 ;
- 207 m pour l'éolienne E3 ;
- 0 m pour l'éolienne E4 ;
- 0 m pour l'éolienne E5 ;
- 0 m pour l'éolienne E6.

Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation de fréquentation de 0,4 personnes par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour (soit 37,296 véhicules par km au regard du trafic de 9 324 véhicules/jour).

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement de l'éolienne et la gravité associée (les méthodes de calculs sont détaillées en annexe).

Tableau 40 : gravité du scénario « effondrement de l'éolienne »

NOMBRE DE PERSONNES PERMANENTES (OU ÉQUIVALENT PERSONNES PERMANENTES)					
ÉOLIENNE	TERRAINS NON AMÉNAGÉS ET TRÈS PEU FRÉQUENTÉS	TERRAINS AMÉNAGÉS MAIS PEU FRÉQUENTÉS	A19	TOTAL	GRAVITÉ
E1	0,116	0,025	0	0,141 (inférieur à 1 personne)	Sérieuse
E2	0,117	0,019	0	0,136 (inférieur à 1 personne)	Sérieuse
E3	0,080	0,015	7,72	7,815 (entre 1 et 10 personnes)	Importante
E4	0,084	0,014	0	0,098 (inférieur à 1 personne)	Sérieuse
E5	0,100	0,020	0	0,120 (inférieur à 1 personne)	Sérieuse
E6	0,100	0,023	0	0,123 (inférieur à 1 personne)	Sérieuse

O.2.1.4 LA PROBABILITÉ

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

Tableau 41 : probabilité du scénario « effondrement d'une éolienne »

SOURCE	FRÉQUENCE	JUSTIFICATION
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distances [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.

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience[3], 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* ».

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

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

- Respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages ;
- Système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- Système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations.

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

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement.

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

O.2.1.5 L'ACCEPTABILITÉ

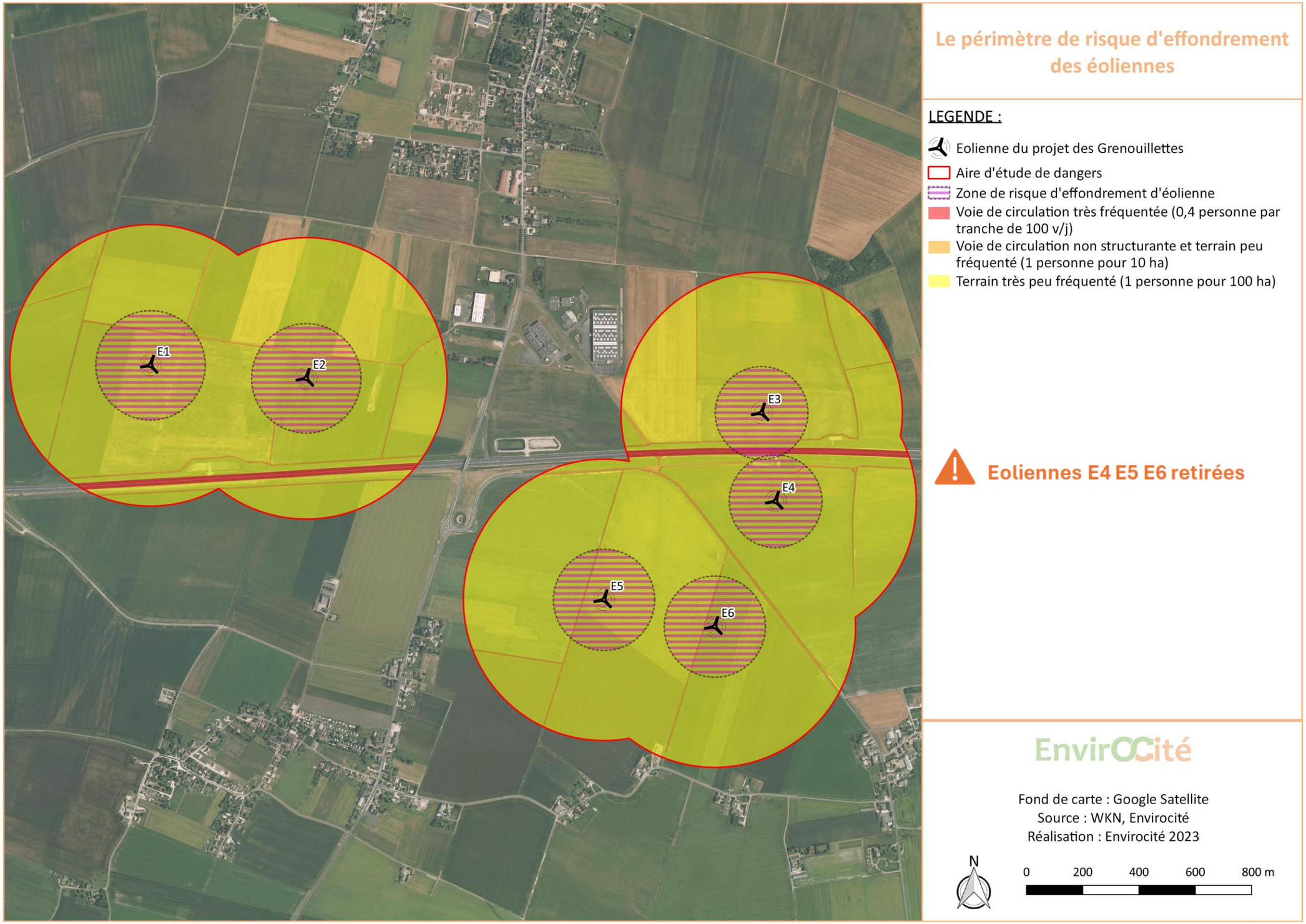
Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur de l'installation, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 42 : 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, SOIT 194,5 M POUR E1 ET E2, 165 M POUR E3 ET E4, 180 M POUR E5 ET E6)			
ÉOLIENNE	GRAVITÉ	PROBABILITÉ	NIVEAU DE RISQUE
E1	Sérieuse	D	Très faible (acceptable)
E2	Sérieuse	D	Très faible (acceptable)
E3	Importante	D	Faible (acceptable sous réserve de mesures de maîtrise de risque)
E4	Sérieuse	D	Très faible (acceptable)
E5	Sérieuse	D	Très faible (acceptable)
E6	Sérieuse	D	Très faible (acceptable)

Le niveau de risque d'effondrement d'éolienne est jugé faible pour l'éolienne E3. L'acceptabilité de ce scénario est donc conditionnée à la mise en place des mesures de maîtrise de risque suivantes :

- Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (brides, joints...). Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, 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…) seront vérifiés avant toute mise en service industrielle. L'exploitant réalisera des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité. Selon une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.
- Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite en cas de tempête. L'éolienne sera mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.



Le périmètre de risque d'effondrement des éoliennes

LEGENDE :

- Eolienne du projet des Grenouillettes
- Aire d'étude de dangers
- Zone de risque d'effondrement d'éolienne
- Voie de circulation très fréquentée (0,4 personne par tranche de 100 v/j)
- Voie de circulation non structurante et terrain peu fréquenté (1 personne pour 10 ha)
- Terrain très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha)

Eoliennes E4 E5 E6 retirées

EnvirOCité

Fond de carte : Google Satellite
Source : WKN, Envirocité
Réalisation : Envirocité 2023

N

0 200 400 600 800 m

Carte 19 : le périmètre du risque d'effondrement des éoliennes

O.2.2LA CHUTE DE GLACE

O.2.2.1 LES CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

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

Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concernée par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an. Sur le site d'implantation des éoliennes, 7,1 jours de forte gelée (T ≤ -5°C), conditions favorables à la formation de glace, sont recensés en moyenne chaque année.

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.

O.2.2.2 LA 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 l'installation projetée, la zone d'effet a donc un rayon de :

- 81,5 m pour les éoliennes E1 et E2 ;
- 68 m pour les éoliennes E3 et E4 ;
- 72,5 m pour les éoliennes E5 et E6.

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

O.2.2.3 L'INTENSITÉ

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien projeté. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale (R= 81,5 m pour E1 et E2, 68 m pour E3 et E4, 72,5 m pour E5 et E6), SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m²).

Tableau 43 : intensité du scénario « chute de glace »

CHUTE DE GLACE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À D/2 = ZONE DE SURVOL, SOIT 81,5 M POUR E1 ET E2, 68 M POUR E3 ET E4, 72,5 M POUR E5 ET E6)				
ÉOLIENNES	**ZONE D'IMPACT EN M²**	**ZONE D'EFFET DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN M²**	**DEGRÉ D'EXPOSITION DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN %**	**INTENSITÉ**
	Z_I= SG	Z_E= π x R²	Z_I/Z_E	
E1/E2	1 m²	20 867 m²	0,005%	Exposition modérée
E3/E4	1 m²	14 527 m²	0,007%	Exposition modérée
E5/E6	1 m²	16 513 m²	0,006%	Exposition modérée

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

O.2.2.4 LA GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace.

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles, bassins et délaissés autoroutiers), la zone d'effet du scénario de chute de glace est de :

- 20 867 m², soit 2,1 ha pour l'éolienne E1 ;
- 20 867 m², soit 2,1 ha pour l'éolienne E2 ;
- 14 527m², soit 1,5 ha pour l'éolienne E3 ;
- 14 527m², soit 1,5 ha pour l'éolienne E4 ;
- 16 389 m², soit 1,6 ha pour l'éolienne E5 ;
- 15 695 m², soit 1,6 ha pour l'éolienne E6.

Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation de fréquentation d'1 personne pour 100 ha.

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voie communale et chemins agricoles), la zone d'effet du scénario de chute de glace est de :

- 0 m², soit 0 ha pour les éoliennes E1, E2, E3 et E4 ;
- 124 m², soit 0,01 ha pour l'éolienne E5 ;
- 818 m², soit 0,08 ha pour l'éolienne E6.

Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne pour 10 ha.

Pour l'autoroute A19, le linéaire concerné par le risque de chute de glace est nul pour l'ensemble des éoliennes.

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 (les méthodes de calculs sont détaillées en annexe).

Tableau 44 : gravité du scénario « chute de glace »

NOMBRE DE PERSONNES PERMANENTES (OU ÉQUIVALENT PERSONNES PERMANENTES)					
ÉOLIENNE	**TERRAINS NON AMÉNAGÉS ET TRÈS PEU FRÉQUENTÉS**	**TERRAINS AMÉNAGÉS MAIS PEU FRÉQUENTÉS**	**A19**	**TOTAL**	**GRAVITÉ**
E1	0,021	0	0	0,021 (inférieur à 1 personne)	Modérée
E2	0,021	0	0	0,021 (inférieur à 1 personne)	Modérée
E3	0,015	0	0	0,015 (inférieur à 1 personne)	Modérée
E4	0,015	0	0	0,015 (inférieur à 1 personne)	Modérée
E5	0,016	0,001	0	0,017 (inférieur à 1 personne)	Modérée
E6	0,016	0,008	0	0,024 (inférieur à 1 personne)	Modérée

O.2.2.5 LA PROBABILITÉ

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

O.2.2.6 L'ACCEPTABILITÉ

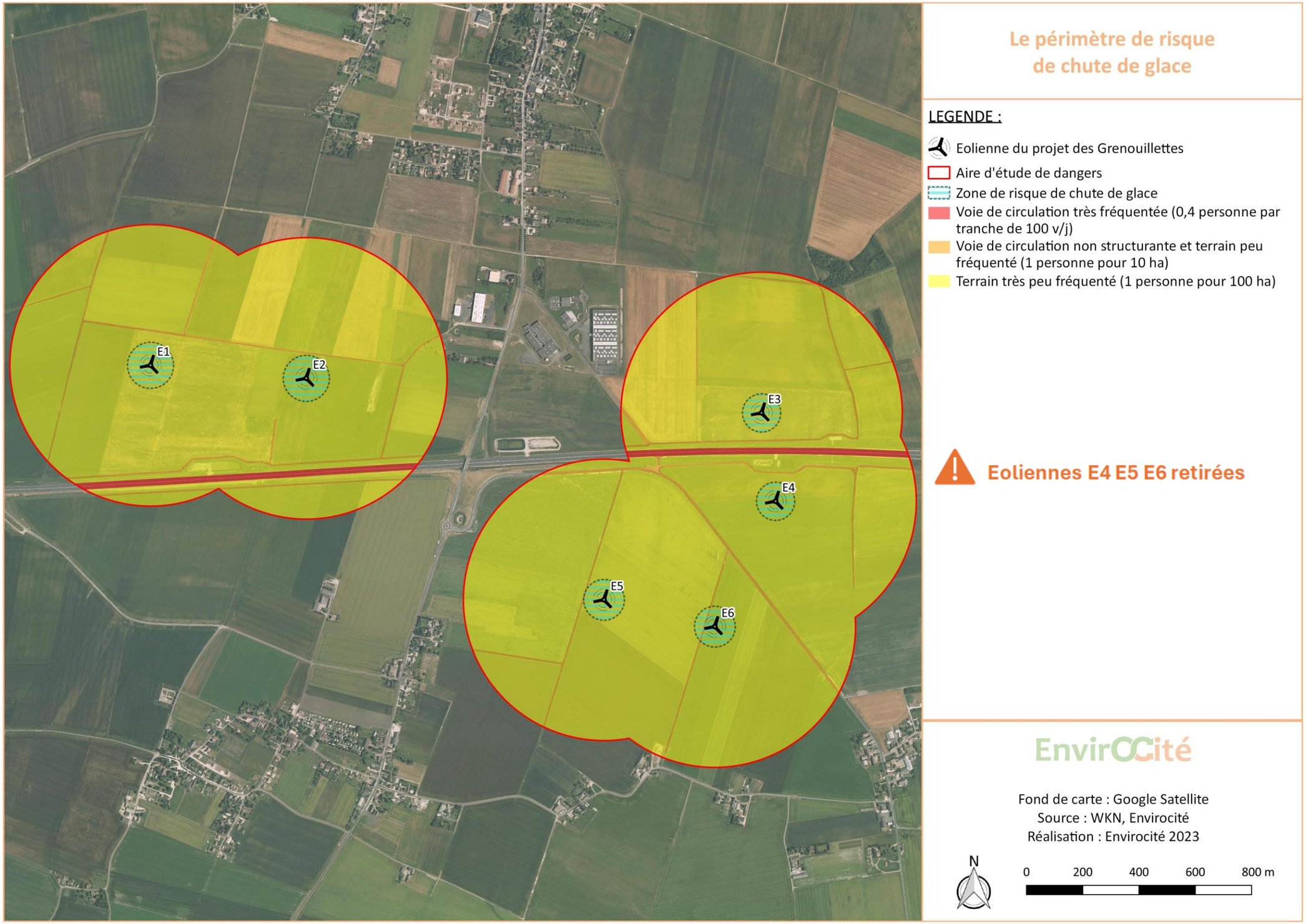
Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur de l'installation, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 45 : acceptabilité du scénario « chute de glace »

CHUTE DE GLACE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À D/2 = ZONE DE SURVOL, SOIT 81,5 M POUR E1 ET E2, 68 M POUR E3 ET E4, 72,5 M POUR E5 ET E6)				
ÉOLIENNE	**GRAVITÉ**	**PROBABILITÉ**	**PRÉSENCE DE SYSTÈME D'ARRÊT EN CAS DE DÉTECTION OU DÉDUCTION DE GLACE ET DE PROCÉDURE DE REDÉMARRAGE**	**NIVEAU DE RISQUE**
E1	Modérée	A	Oui	Faible (acceptable sous réserve de mesures de maîtrise de risque)
E2	Modérée	A	Oui	Faible (acceptable sous réserve de mesures de maîtrise de risque)
E3	Modérée	A	Oui	Faible (acceptable sous réserve de mesures de maîtrise de risque)
E4	Modérée	A	Oui	Faible (acceptable sous réserve de mesures de maîtrise de risque)
E5	Modérée	A	Oui	Faible (acceptable sous réserve de mesures de maîtrise de risque)
E6	Modérée	A	Oui	Faible (acceptable sous réserve de mesures de maîtrise de risque)

Le niveau de risque de chute de glace est jugé faible pour l'ensemble des éoliennes. L'acceptabilité de ce scénario est donc conditionnée à la mise en place des mesures de maîtrise de risque suivantes:

- Conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, chaque aérogénérateur sera équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur sera mis à l'arrêt dans un délai maximal de 60 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 permettant de prévenir la projection de glace ;
- Conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, les prescriptions à observer par les tiers seront affichées soit en caractères lisibles soit au moyen de pictogrammes sur des panneaux positionnés sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concerneront notamment la mise en garde face au risque de chute de glace.



Le périmètre de risque de chute de glace

LEGENDE :

- Eolienne du projet des Grenouillettes
- Aire d'étude de dangers
- Zone de risque de chute de glace
- Voie de circulation très fréquentée (0,4 personne par tranche de 100 v/j)
- Voie de circulation non structurante et terrain peu fréquenté (1 personne pour 10 ha)
- Terrain très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha)

Eoliennes E4 E5 E6 retirées

EnvirOCité

Fond de carte : Google Satellite
Source : WKN, Envirocité
Réalisation : Envirocité 2023

N

0 200 400 600 800 m

Carte 20 : le périmètre de risque de chute de glace

O.2.3 LA CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

O.2.3.1 LA ZONE D'EFFET

La chute d'éléments comprend la chute de tous les équipements situés en hauteur : trappes, boulons, morceaux de pales ou pales entières. Le cas majorant est ici le cas de la chute de pale. Il est retenu dans l'étude détaillé des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments. Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor, soit :

- 81,5 m pour les éoliennes E1 et E2 ;
- 68 m pour les éoliennes E3 et E4 ;
- 72,5 m pour les éoliennes E5 et E6.

O.2.3.2 L'INTENSITÉ

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 81,5 m pour E1 et E2, 68 m pour E3 et E4, 72,5 m pour E5 et E6) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 4,5 m pour toutes les éoliennes).

Tableau 46 : intensité du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À D/2 = ZONE DE SURVOL, SOIT 81,5 M POUR E1 ET E2, 68 M POUR E3 ET E4, 72,5 M POUR E5 ET E6)				
ÉOLIENNES	**ZONE D'IMPACT EN M²**	**ZONE D'EFFET DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN M²**	**DEGRÉ D'EXPOSITION DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN %**	**INTENSITÉ**
	Z_I= R*LB/2	Z_E= π x R²	Z_I/Z_E	
E1/E2	185 m²	20 867 m²	0,88%	Exposition modérée
E3/E4	153 m²	14 527 m²	1,05%	Exposition forte
E5/E6	163 m²	16 513 m²	0,99%	Exposition modérée

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

O.2.3.3 LA GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'élément.

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles, bassins et délaissés autoroutiers), la zone d'effet du scénario de chute d'éléments est de :

- 20 867 m², soit 2,1 ha pour l'éolienne E1 ;
- 20 867 m², soit 2,1 ha pour l'éolienne E2 ;
- 14 527m², soit 1,5 ha pour l'éolienne E3 ;
- 14 527m², soit 1,5 ha pour l'éolienne E4 ;
- 16 389 m², soit 1,6 ha pour l'éolienne E5 ;
- 15 695 m², soit 1,6 ha pour l'éolienne E6.

Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation de fréquentation d'1 personne pour 100 ha.

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voie communale et chemins agricoles), la zone d'effet du scénario de chute d'éléments est de :

- 0 m², soit 0 ha pour les éoliennes E1, E2, E3 et E4 ;
- 124 m², soit 0,01 ha pour l'éolienne E5 ;
- 818 m², soit 0,08 ha pour l'éolienne E6.

Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne pour 10 ha.

Pour l'autoroute A19, le linéaire concerné par le risque de chute d'éléments d'éolienne est nul pour l'ensemble des éoliennes.

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute d'éléments et la gravité associée (les méthodes de calculs sont détaillées en annexe).

Tableau 47 : gravité du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

NOMBRE DE PERSONNES PERMANENTES (OU ÉQUIVALENT PERSONNES PERMANENTES)					
ÉOLIENNE	**TERRAINS NON AMÉNAGÉS ET TRÈS PEU FRÉQUENTÉS**	**TERRAINS AMÉNAGÉS MAIS PEU FRÉQUENTÉS**	**A19**	**TOTAL**	**GRAVITÉ**
E1	0,021	0	0	0,021 (inférieur à 1 personne)	Modérée
E2	0,021	0	0	0,021 (inférieur à 1 personne)	Modérée
E3	0,015	0	0	0,015 (inférieur à 1 personne)	Sérieuse
E4	0,015	0	0	0,015 (inférieur à 1 personne)	Sérieuse
E5	0,016	0,001	0	0,017 (inférieur à 1 personne)	Modérée
E6	0,016	0,008	0	0,024 (inférieur à 1 personne)	Modérée

O.2.3.4 LA PROBABILITÉ

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47 x 10^{-4}événement par éolienne et par an).

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

O.2.3.5 L'ACCEPTABILITÉ

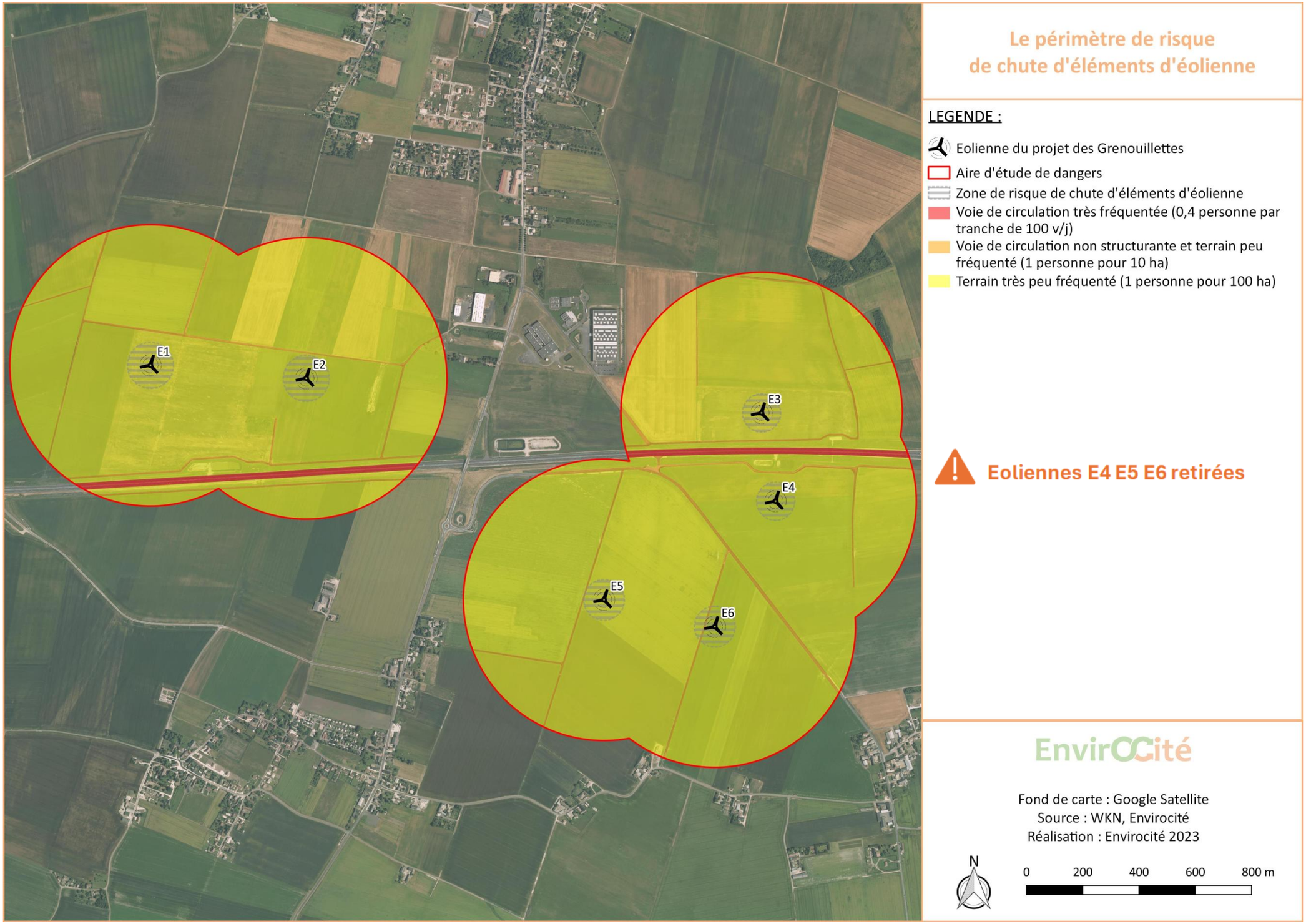
Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 48 : acceptabilité du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À D/2 = ZONE DE SURVOL, SOIT 81,5 M POUR E1 ET E2, 68 M POUR E3 ET E4, 72,5 M POUR E5 ET E6)			
ÉOLIENNE	**GRAVITÉ**	**PROBABILITÉ**	**NIVEAU DE RISQUE**
E1	Modérée	C	Très faible (acceptable)
E2	Modérée	C	Très faible (acceptable)
E3	Sérieuse	C	Faible (acceptable sous réserve de mesures de maîtrise de risque)
E4	Sérieuse	C	Faible (acceptable sous réserve de mesures de maîtrise de risque)
E5	Modérée	C	Très faible (acceptable)
E6	Modérée	C	Très faible (acceptable)

Le niveau de risque de chute d'éléments d'éolienne est jugé faible pour les éoliennes E3 et E4. L'acceptabilité de ce scénario est donc conditionnée à la mise en place des mesures de maîtrise de risque suivantes :

- Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, 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…) seront vérifiés avant toute mise en service industrielle. L'exploitant réalisera des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité. Selon une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.
- Conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, les prescriptions à observer par les tiers seront affichées soit en caractères lisibles soit au moyen de pictogrammes sur des panneaux positionnés sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concerneront notamment la mise en garde face au risque de chute d'éléments de l'éolienne.



Le périmètre de risque de chute d'éléments d'éolienne

LEGENDE :

- Eolienne du projet des Grenouillettes
- Aire d'étude de dangers
- Zone de risque de chute d'éléments d'éolienne
- Voie de circulation très fréquentée (0,4 personne par tranche de 100 v/j)
- Voie de circulation non structurante et terrain peu fréquenté (1 personne pour 10 ha)
- Terrain très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha)

Eoliennes E4 E5 E6 retirées

EnvirOCité

Fond de carte : Google Satellite
Source : WKN, Envirocité
Réalisation : Envirocité 2023

N

0 200 400 600 800 m

Carte 21 : le périmètre du risque de chute d'éléments d'éolienne

O.2.4 LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

O.2.4.1 LA ZONE D'EFFET

Dans l'accidentologie française, 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].

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

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

O.2.4.2 L'INTENSITÉ

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale dans le cas du parc éolien. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 81,5 m pour E1 et E2, 68 m pour E3 et E4, 72,5 m pour E5 et E6) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 4,5 m pour toutes les éoliennes).

Tableau 49 : intensité du scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE (ZONE DE 500 M AUTOUR DE CHAQUE ÉOLIENNE)				
ÉOLIENNES	ZONE D'IMPACT EN M²	ZONE D'EFFET DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN M²	DEGRÉ D'EXPOSITION DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN %	INTENSITÉ
	Z_I=R*LB/2	Z_E= π x (500)²	Z_I/Z_E	
E1/E2	183 m²	785 398 m²	0,02%	Exposition modérée
E3/E4	153 m²	785 398 m²	0,02%	Exposition modérée
E5/E6	163 m²	785 398 m²	0,02%	Exposition modérée

O.2.4.3 LA GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de pale.

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles, bassins et délaissés autoroutiers), la zone d'effet du scénario de projection de pale ou de fragment de pale est de :

- 751 835 m², soit 75,2 ha pour l'éolienne E1 ;
- 749 154 m², soit 74,9 ha pour l'éolienne E2 ;
- 736 217m², soit 73,6 ha pour l'éolienne E3 ;
- 737 499 m², soit 73,7 ha pour l'éolienne E4 ;
- 764 835 m², soit 76,5 ha pour l'éolienne E5 ;
- 769 321 m², soit 76,9 ha pour l'éolienne E6.

Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation de fréquentation d'1 personne pour 100 ha.

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voie communale et chemins agricoles), la zone d'effet du scénario de projection de pale ou de fragment de pale est de :

- 20 089 m², soit 2,01 ha pour l'éolienne E1 ;
- 18 872 m², soit 1,89 ha pour l'éolienne E2 ;
- 26 970m², soit 2,70 ha pour l'éolienne E3 ;
- 26 061 m², soit 2,61 ha pour l'éolienne E4 ;
- 20 563 m², soit 2,06 ha pour l'éolienne E5 ;
- 16 077 m², soit 1,61 ha pour l'éolienne E6.

Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne pour 10 ha.

Pour l'autoroute A19, le linéaire concerné par le risque de projection de pale ou de fragment de pale est de :

- 575 m pour l'éolienne E1 ;
- 752 m pour l'éolienne E2 ;
- 962 m pour l'éolienne E3 ;
- 936 m pour l'éolienne E4 ;
- 0 m pour l'éolienne E5 ;
- 0 m pour l'éolienne E6.

Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation de fréquentation de 0,4 personnes par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour (soit 37,296 véhicules par km au regard du trafic de 9 324 véhicules/jour).

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale et la gravité associée (les méthodes de calculs sont détaillées en annexe).

Tableau 50 : Gravité du scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

NOMBRE DE PERSONNES PERMANENTES (OU ÉQUIVALENT PERSONNES PERMANENTES)					
ÉOLIENNE	TERRAINS NON AMÉNAGÉS ET TRÈS PEU FRÉQUENTÉS	TERRAINS AMÉNAGÉS MAIS PEU FRÉQUENTÉS	A19	TOTAL	GRAVITÉ
E1	0,752	0,201	21,445	22,398 (entre 10 et 100 personnes)	Importante
E2	0,749	0,189	28,046	28,984 (entre 10 et 100 personnes)	Importante
E3	0,736	0,270	35,879	36,885 (entre 10 et 100 personnes	Importante
E4	0,737	0,261	34,909	35,907 (entre 10 et 100 personnes	Importante
E5	0,765	0,206	0	0,971 (inférieur à 1 personne)	Modérée
E6	0,769	0,161	0	0,930 (inférieur à 1 personne)	Modérée

O.2.4.4 LA PROBABILITÉ

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

Tableau 51 : probabilité du scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

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

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

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

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

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

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

- Les dispositions de la norme NF EN 61 400-1 ou 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 ;
- Utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines...).

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021 permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection.

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

O.2.4.5 L'ACCEPTABILITÉ

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

Tableau 52 : acceptabilité du scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE (ZONE DE 500 M AUTOUR DE CHAQUE ÉOLIENNE)			
ÉOLIENNE	GRAVITÉ	PROBABILITÉ	NIVEAU DE RISQUE
E1	Importante	D	Faible (acceptable sous réserve de mesures de maîtrise de risque)
E2	Importante	D	Faible (acceptable sous réserve de mesures de maîtrise de risque)
E3	Importante	D	Faible (acceptable sous réserve de mesures de maîtrise de risque)
E4	Importante	D	Faible (acceptable sous réserve de mesures de maîtrise de risque)
E5	Modérée	D	Très faible (acceptable)
E6	Modérée	D	Très faible (acceptable)

Le niveau de risque de projection de pale ou de fragment de pale est jugé faible pour les éoliennes E1, E2, E3 et E4 L'acceptabilité de ce scénario est donc conditionnée à la mise en place des mesures de maîtrise de risque suivante :

- Prévention de l'échauffement significatif des pièces mécaniques à l'aide de capteurs de température des pièces mécaniques et une mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement. Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis selon une périodicité qui ne pourra excéder 3 ans. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement ;
- Détection de survitesse et système de freinage. Mise en œuvre de systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. Le système de freinage sera constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire. Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, avant toute mise en service industrielle, l'exploitant réalisera des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité. Selon une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur ;
- La mise en place de contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (brides, joints...). Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, 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…) seront vérifiés avant toute mise en service industrielle. L'exploitant réalisera des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité. Selon une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur ;
- Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite en cas de tempête. L'éolienne sera mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.



Le périmètre de risque de projection de pale ou de fragments de pale

LEGENDE :

- Eolienne du projet des Grenouillettes
- Aire d'étude de dangers
- Zone de risque de projection de pale ou de fragments de pale
- Voie de circulation très fréquentée (0,4 personne par tranche de 100 v/j)
- Voie de circulation non structurante et terrain peu fréquenté (1 personne pour 10 ha)
- Terrain très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha)

Eoliennes E4 E5 E6 retirées

EnvirOCité

Fond de carte : Google Satellite
Source : WKN, Envirocité
Réalisation : Envirocité 2023

N

0 200 400 600 800 m

Carte 22 : le périmètre de risque de projection de pale ou de fragments de pale

O.2.5 LA PROJECTION DE GLACE

O.2.5.1 LA 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 : Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor), soit :

- 415,5 m pour les éoliennes E1 et E2 ;
- 352,5 m pour les éoliennes E3 et E4 ;
- 388,5 m pour les éoliennes E5 et E6.

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

O.2.5.2 L'INTENSITÉ

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R = 81,5 m pour E1 et E2, 68 m pour E3 et E4, 72,5 m pour E5 et E6), H la hauteur au moyeu (H = 113 m pour E1 et E2, 99 m pour E3 et E4, 114 m pour E5 et E6), et SG la surface majorante d'un morceau de glace (SG = 1 m^2).

Tableau 53 : intensité du scénario « projection de morceaux de glace »

PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE (DANS UN RAYON DE R_{PG} = 1,5 X (H+2R) AUTOUR DE L'ÉOLIENNE, SOIT 414 M POUR E1 ET E2, 352,5 M POUR E3 ET E4, 388,5 M POUR E5 ET E6)				
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	Z_E= π x (1,5*(H+2*R))²	Z_I/Z_E	
E1/E2	1 m²	538 456 m²	0,0002%	Exposition modérée
E3/E4	1 m²	390 363 m²	0,0003%	Exposition modérée
E5/E6	1 m²	474 168 m²	0,0002%	Exposition modérée

O.2.5.3 LA GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace.

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.

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles, bassins et délaissés autoroutiers), la zone d'effet du scénario de projection de glace est de :

- 524 506 m², soit 52,5 ha pour l'éolienne E1 ;
- 513 563 m², soit 51,4 ha pour l'éolienne E2 ;
- 364 645 m², soit 36,5 ha pour l'éolienne E3 ;
- 360 314 m², soit 36,0 ha pour l'éolienne E4 ;
- 466 814 m², soit 46,7 ha pour l'éolienne E5 ;
- 463 178 m², soit 46,3 ha pour l'éolienne E6.

Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation de fréquentation d'1 personne pour 100 ha.

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (, voie communale et chemins agricoles), la zone d'effet du scénario de projection de glace est de :

- 12 522 m², soit 1,25 ha pour l'éolienne E1 ;
- 13 567 m², soit 1,36 ha pour l'éolienne E2 ;
- 10 704 m², soit 1,07 ha pour l'éolienne E3 ;
- 15 852 m², soit 1,59 ha pour l'éolienne E4 ;
- 7 354 m², soit 0,73 ha pour l'éolienne E5 ;
- 10 990 m², soit 1,10 ha pour l'éolienne E6.

Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne pour 10 ha.

Pour la RD30 et l'autoroute A19, comme indiqué précédemment la possibilité d'impact sur des personnes abritées par un véhicule est 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 (les méthodes de calculs sont détaillées en annexe).

*Tableau 54 : **gravité du scénario « projection** de morceaux de glace »*

NOMBRE DE PERSONNES PERMANENTES (OU ÉQUIVALENT PERSONNES PERMANENTES)				
ÉOLIENNE	**TERRAINS NON AMÉNAGÉS ET TRÈS PEU FRÉQUENTÉS**	**TERRAINS AMÉNAGÉS MAIS PEU FRÉQUENTÉS**	**TOTAL**	**GRAVITÉ**
E1	0,525	0,125	0,650 (inférieur à 1 personne)	Modérée
E2	0,514	0,136	0,650 (inférieur à 1 personne)	Modérée
E3	0,365	0,107	0,472 (inférieur à 1 personne)	Modérée
E4	0,360	0,104	0,470 (inférieur à 1 personne)	Modérée
E5	0,467	0,073	0,540 (inférieur à 1 personne)	Modérée
E6	0,463	0,041	0,511 (inférieur à 1 personne)	Modérée

O.2.5.4 LA PROBABILITÉ

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

- Les mesures de prévention de projection de glace imposées par l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêt du 22 juin 2020 ;
- Le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace.

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

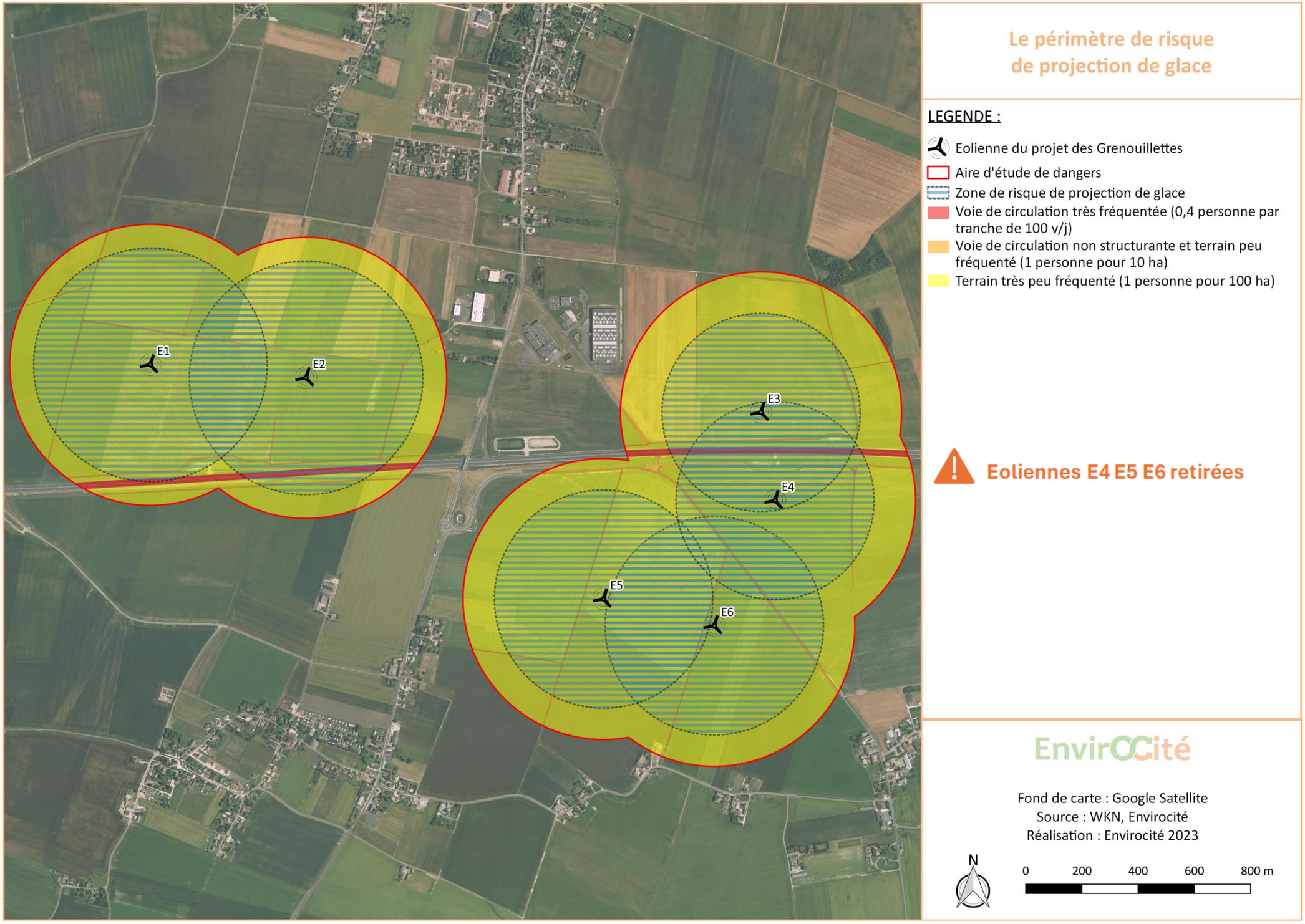
O.2.5.5 L'ACCEPTABILITÉ

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

*Tableau 55 : **acceptabilité du scénario « projection** de morceaux de glace »*

PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE (DANS UN RAYON DE R_{PG} = 1,5 X (H+2R) AUTOUR DE L'ÉOLIENNE, SOIT 415,5 M POUR E1 ET E2, 352,5 M POUR E3 ET E4, 388,5 M POUR E5 ET E6)				
ÉOLIENNE	**GRAVITÉ**	**PROBABILITÉ**	**PRÉSENCE DE SYSTÈME D'ARRÊT EN CAS DE DÉTECTION OU DÉDUCTION DE GLACE ET DE PROCÉDURE DE REDÉMARRAGE**	**NIVEAU DE RISQUE**
E1	Modérée	B	Oui	Très faible (acceptable)
E2	Modérée	B	Oui	Très faible (acceptable)
E3	Modérée	B	Oui	Très faible (acceptable)
E4	Modérée	B	Oui	Très faible (acceptable)
E5	Modérée	B	Oui	Très faible (acceptable)
E6	Modérée	B	Oui	Très faible (acceptable)

Pour rappel, conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêt du 22 juin 2020, chaque aérogénérateur sera équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur 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 dans l'article 22 de l'arrêté précédemment mentionné.



Le périmètre de risque de projection de glace

LEGENDE :

- Eolienne du projet des Grenouillettes
- Aire d'étude de dangers
- Zone de risque de projection de glace
- Voie de circulation très fréquentée (0,4 personne par tranche de 100 v/j)
- Voie de circulation non structurante et terrain peu fréquenté (1 personne pour 10 ha)
- Terrain très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha)

Eoliennes E4 E5 E6 retirées

EnvirOCité

Fond de carte : Google Satellite
Source : WKN, Envirocité
Réalisation : Envirocité 2023

N

0 200 400 600 800 m

Carte 23 : le périmètre de risque de projection de glace

O.3 LA CARACTÉRISATION DES SCÉNARIOS RETENUS POUR L'ÉOLIENNE E0

O.3.1L'EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

O.3.1.1 LA 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 194,5 m pour l'éolienne E0.

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.

O.3.1.2 L'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 en projet. R est la longueur de pale (R= 81,5 m), H la hauteur du mât (H= 113 m), L la largeur du mât (L= 6 m) et LB la largeur maximale de la pale (LB= 4,5 m).

Tableau 56 : 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, SOIT 194,5 M)				
ÉOLIENNES	**ZONE D'IMPACT EN M²**	**ZONE D'EFFET DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN M²**	**DEGRÉ D'EXPOSITION DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN %**	**INTENSITÉ**
	Z_I = (H) x L + 3*R*LB/2	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$	Z_I / Z_E	
E0	1 228 m²	118 847 m²	1,03 %	Exposition forte

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

O.3.1.3 LA GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement.

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles), la zone d'effet du scénario d'effondrement de l'éolienne est de 115 887 m², soit 11,6 ha. Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation de fréquentation d'1 personne pour 100 ha.

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (RD833 et chemins agricoles), la zone d'effet du scénario d'effondrement de l'éolienne est de 2 960 m², soit 0,30 ha. Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne pour 10 ha.

Pour la zone de stockage de déchets verts, la zone d'effet du scénario d'effondrement de l'éolienne est nulle.

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement de l'éolienne et la gravité associée (les méthodes de calculs sont détaillées en annexe).

Tableau 57 : gravité du scénario « effondrement de l'éolienne »

NOMBRE DE PERSONNES PERMANENTES (OU ÉQUIVALENT PERSONNES PERMANENTES)				
ÉOLIENNE	**TERRAINS NON AMÉNAGÉS ET TRÈS PEU FRÉQUENTÉS**	**TERRAINS AMÉNAGÉS MAIS PEU FRÉQUENTÉS**	**TOTAL**	**GRAVITÉ**
E0	0,116	0,030	0,145 (inférieur à 1 personne)	Sérieuse

O.3.1.4 LA PROBABILITÉ

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

Tableau 58 : probabilité du scénario « effondrement d'une éolienne »

SOURCE	FRÉQUENCE	JUSTIFICATION
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distances [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.

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

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

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

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

- Respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages ;
- Système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- Système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations.

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement.

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

Indépendamment de l'acceptabilité de ce risque, les mesures de maîtrise de risque suivantes seront mises en œuvre sur l'installation :

- Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (brides, joints...). Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, 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…) seront vérifiés avant toute mise en service industrielle. L'exploitant réalisera des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité. Selon une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.
- Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite en cas de tempête. L'éolienne sera mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.

O.3.1.5 L'ACCEPTABILITÉ

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur de l'installation, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 59 : 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, SOIT 194,5 M)			
ÉOLIENNE	**GRAVITÉ**	**PROBABILITÉ**	**NIVEAU DE RISQUE**
E0	Sérieuse	D	Très faible (acceptable)

Le niveau de risque d'effondrement d'éolienne est jugé très faible pour l'éolienne E0.

[4] *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.*



Carte 24 : la zone d'effet du risque d'effondrement d'éolienne

O.3.2 LA CHUTE DE GLACE

O.3.2.1 LES CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

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

Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concernée par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an. Sur le site d'implantation des éoliennes, 7,1 jours de forte gelée (T ≤ -5°C), conditions favorables à la formation de glace, sont recensés en moyenne chaque année.

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.

O.3.2.2 LA 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 l'installation projetée, la zone d'effet a donc un rayon de 81,5 m pour l'éolienne E0. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

O.3.2.3 L'INTENSITÉ

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien projeté. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale (R= 81,5 m), SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m²).

Tableau 60 : intensité du scénario « chute de glace »

CHUTE DE GLACE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À D/2 = ZONE DE SURVOL, SOIT 81,5 M)				
ÉOLIENNES	ZONE D'IMPACT EN M²	ZONE D'EFFET DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN M²	DEGRÉ D'EXPOSITION DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN %	INTENSITÉ
	Z_I= SG	Z_E= π x R²	Z_I/Z_E	
E0	1 m²	20 867 m²	0,005%	Exposition modérée

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

O.3.2.4 LA GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace.

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles), la zone d'effet du scénario de chute de glace est de 20 867 m², soit 2,1 ha. Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation de fréquentation d'1 personne pour 100 ha.

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (RD833 et chemins agricoles), la zone d'effet du scénario de chute de glace est nulle.

Pour la zone de stockage de déchets verts, la zone d'effet du scénario de chute de glace est nulle.

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 (les méthodes de calculs sont détaillées en annexe).

Tableau 61 : gravité du scénario « chute de glace »

NOMBRE DE PERSONNES PERMANENTES (OU ÉQUIVALENT PERSONNES PERMANENTES)				
ÉOLIENNE	TERRAINS NON AMÉNAGÉS ET TRÈS PEU FRÉQUENTÉS	TERRAINS AMÉNAGÉS MAIS PEU FRÉQUENTÉS	TOTAL	GRAVITÉ
E0	0,021	0	0,021 (inférieur à 1 personne)	Modérée

O.3.2.5 LA PROBABILITÉ

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

O.3.2.6 L'ACCEPTABILITÉ

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur de l'installation, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 62 : acceptabilité du scénario « chute de glace »

CHUTE DE GLACE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À D/2 = ZONE DE SURVOL, SOIT 81,5 M)				
ÉOLIENNE	GRAVITÉ	PROBABILITÉ	PRÉSENCE DE SYSTÈME D'ARRÊT EN CAS DE DÉTECTION OU DÉDUCTION DE GLACE ET DE PROCÉDURE DE REDÉMARRAGE	NIVEAU DE RISQUE
E0	Modérée	A	Oui	Faible (acceptable sous réserve de mesures de maîtrise de risque)

Le niveau de risque de chute de glace est jugé faible pour l'éolienne E0.

L'acceptabilité de ce scénario est donc conditionnée à la mise en place des mesures de maîtrise de risque suivantes :

- Conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, chaque aérogénérateur sera équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur sera mis à l'arrêt dans un délai maximal de 60 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 permettant de prévenir la projection de glace ;
- Conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, les prescriptions à observer par les tiers seront affichées soit en caractères lisibles soit au moyen de pictogrammes sur des panneaux positionnés sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concerneront notamment la mise en garde face au risque de chute de glace.



Carte 25 : la zone d'effet du risque de chute de glace

O.3.3 LA CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

O.3.3.1 LA ZONE D'EFFET

La chute d'éléments comprend la chute de tous les équipements situés en hauteur : trappes, boulons, morceaux de pales ou pales entières. Le cas majorant est ici le cas de la chute de pale. Il est retenu dans l'étude détaillé des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments. Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor, soit 81,5 m pour l'éolienne E0.

O.3.3.2 L'INTENSITÉ

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 81,5 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 4,5 m).

Tableau 63 : intensité du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À D/2 = ZONE DE SURVOL, SOIT 81,5 M)				
ÉOLIENNES	**ZONE D'IMPACT EN M²**	**ZONE D'EFFET DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN M²**	**DEGRÉ D'EXPOSITION DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN %**	**INTENSITÉ**
	Z_I= R*LB/2	Z_E= π x R²	Z_I/Z_E	
E0	185 m²	20 867 m²	0,88%	Exposition modérée

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

O.3.3.3 LA GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'élément.

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles), la zone d'effet du scénario de chute d'éléments est de 20 867 m², soit 2,1 ha. Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation de fréquentation d'1 personne pour 100 ha.

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (RD833et chemins agricoles), la zone d'effet du scénario de chute d'éléments est nulle.

Pour la zone de stockage de déchets verts, la zone d'effet du scénario de chute d'éléments est nulle.

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute d'éléments et la gravité associée (les méthodes de calculs sont détaillées en annexe).

Tableau 64 : gravité du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

NOMBRE DE PERSONNES PERMANENTES (OU ÉQUIVALENT PERSONNES PERMANENTES)				
ÉOLIENNE	**TERRAINS NON AMÉNAGÉS ET TRÈS PEU FRÉQUENTÉS**	**TERRAINS AMÉNAGÉS MAIS PEU FRÉQUENTÉS**	**TOTAL**	**GRAVITÉ**
E0	0,021	0	0,021 (inférieur à 1 personne)	Modérée

O.3.3.4 LA PROBABILITÉ

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47 x 10^{-4}événement par éolienne et par an).

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

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

O.3.3.5 L'ACCEPTABILITÉ

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

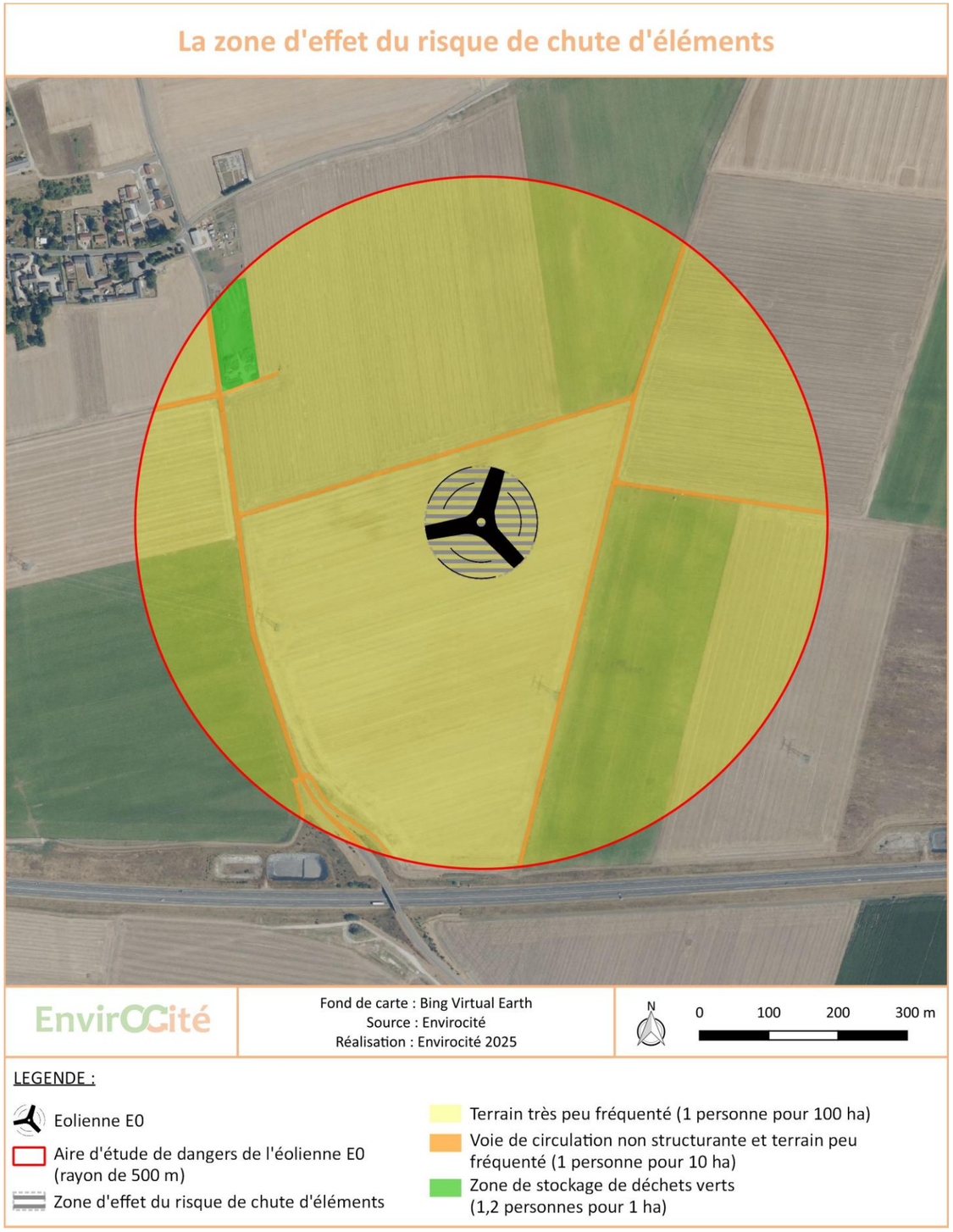
Tableau 65 : acceptabilité du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À D/2 = ZONE DE SURVOL, SOIT 81,5 M)			
ÉOLIENNE	**GRAVITÉ**	**PROBABILITÉ**	**NIVEAU DE RISQUE**
E0	Modérée	C	Très faible (acceptable)

Le niveau de risque de chute d'éléments d'éolienne est jugé faible pour l'éolienne E0.

Indépendamment de l'acceptabilité de ce risque, les mesures de maîtrise de risque suivantes seront mises en œuvre sur l'installation :

- Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, 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…) seront vérifiés avant toute mise en service industrielle. L'exploitant réalisera des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité. Selon une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.
- Conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, les prescriptions à observer par les tiers seront affichées soit en caractères lisibles soit au moyen de pictogrammes sur des panneaux positionnés sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concerneront notamment la mise en garde face au risque de chute d'éléments de l'éolienne.



Carte 26 : la zone d'effet du risque de chute d'éléments

O.3.4 LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

O.3.4.1 LA ZONE D'EFFET

Dans l'accidentologie française, 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].

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

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

O.3.4.2 L'INTENSITÉ

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale dans le cas du parc éolien. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 81,5 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 4,5 m).

Tableau 66 : intensité du scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE (ZONE DE 500 M AUTOUR DE CHAQUE ÉOLIENNE)				
ÉOLIENNES	ZONE D'IMPACT EN M²	ZONE D'EFFET DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN M²	DEGRÉ D'EXPOSITION DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN %	INTENSITÉ
	Z_I=R*LB/2	Z_E= π x (500)²	Z_I/Z_E	
E0	183 m²	785 398 m²	0,02%	Exposition modérée

O.3.4.3 LA GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de pale.

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles), la zone d'effet du scénario de projection de pale ou de fragment de pale est de 757 554 m², soit 75,8 ha. Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation de fréquentation d'1 personne pour 100 ha.

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (RD833 et chemins agricoles), la zone d'effet du scénario de projection de pale ou de fragment de pale est de 19 932 m², soit 1,99 ha. Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne pour 10 ha.

Pour la zone de stockage de déchets verts, la zone d'effet du scénario de projection de pale ou de fragment de pale est de 7 792 m², soit 0,78 ha. Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation de fréquentation de 1,2 personnes par ha.

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale et la gravité associée (les méthodes de calculs sont détaillées en annexe).

Tableau 67 : Gravité du scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

NOMBRE DE PERSONNES PERMANENTES (OU ÉQUIVALENT PERSONNES PERMANENTES)					
ÉOLIENNE	TERRAINS NON AMÉNAGÉS ET TRÈS PEU FRÉQUENTÉS	TERRAINS AMÉNAGÉS MAIS PEU FRÉQUENTÉS	ZONE DE STOCKAGE DE DÉCHETS	TOTAL	GRAVITÉ
E0	0,758	0,199	0,935	1,892 (entre 1 et 10 personnes)	Sérieuse

O.3.4.4 LA PROBABILITÉ

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

Tableau 68 : probabilité du scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

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

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

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

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

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

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

- Les dispositions de la norme NF EN 61 400-1 ou 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 ;
- Utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines...).

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021 permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection.

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

O.3.4.5 L'ACCEPTABILITÉ

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

Tableau 69 : acceptabilité du scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE (ZONE DE 500 M AUTOUR DE CHAQUE ÉOLIENNE)			
ÉOLIENNE	GRAVITÉ	PROBABILITÉ	NIVEAU DE RISQUE
E0	Sérieuse	D	Très faible (acceptable)

Le niveau de risque de projection de pale ou de fragment de pale est jugé très faible pour l'éolienne E0.

Indépendamment de l'acceptabilité de ce risque, les mesures de maîtrise de risque suivantes seront mises en œuvre sur l'installation :

- Prévention de l'échauffement significatif des pièces mécaniques à l'aide de capteurs de température des pièces mécaniques et une mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement. Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis selon une périodicité qui ne pourra excéder 3 ans. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement ;
- Détection de survitesse et système de freinage. Mise en œuvre de systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. Le système de freinage sera constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire. Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, avant toute mise en service industrielle, l'exploitant réalisera des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité. Selon une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur ;
- La mise en place de contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (brides, joints...). Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, 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…) seront vérifiés avant toute mise en service industrielle. L'exploitant réalisera des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité. Selon une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur ;
- Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite en cas de tempête. L'éolienne sera mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.

La zone d'effet du risque de projection de pale



Carte 27 : la zone d'effet du risque de projection de pale

O.3.5 LA PROJECTION DE GLACE

O.3.5.1 LA 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 : Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor), soit 414 m pour l'éolienne E0.

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

O.3.5.2 L'INTENSITÉ

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R = 81,5 m), H la hauteur au moyeu (H = 113 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace (SG = 1 m²).

Tableau 70 : intensité du scénario « projection de morceaux de glace »

PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE (DANS UN RAYON DE R_{PG} = 1,5 X (H+2R) AUTOUR DE L'ÉOLIENNE, SOIT 414 M)				
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	Z_E= π x (1,5*(H+2*R))²	Z_I/Z_E	
E0	1 m²	538 456 m²	0,0002%	Exposition modérée

O.3.5.3 LA GRAVITÉ

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace.

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.

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles), la zone d'effet du scénario de projection de glace est de 523 575 m², soit 52,4 ha. Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation de fréquentation d'1 personne pour 100 ha.

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (RD833 et chemins agricoles), la zone d'effet du scénario de projection de glace est de 13 610 m², soit 1,36 ha. Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne pour 10 ha.

Pour la zone de stockage de déchets verts, la zone d'effet du scénario de projection de glace est de 1 191 m², soit 0,12 ha. Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation de fréquentation de 1,2 personnes par ha.

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 (les méthodes de calculs sont détaillées en annexe).

*Tableau 71 : **gravité du scénario « projection** de morceaux de glace »*

NOMBRE DE PERSONNES PERMANENTES (OU ÉQUIVALENT PERSONNES PERMANENTES)					
ÉOLIENNE	**TERRAINS NON AMÉNAGÉS ET TRÈS PEU FRÉQUENTÉS**	**TERRAINS AMÉNAGÉS MAIS PEU FRÉQUENTÉS**	**ZONE DE STOCKAGE DE DÉCHETS**	**TOTAL**	**GRAVITÉ**
E0	0,525	0,125	0,14	0,803 (inférieur à 1 personne)	Modérée

O.3.5.4 LA PROBABILITÉ

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

- Les mesures de prévention de projection de glace imposées par l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêt du 22 juin 2020 ;
- Le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace.

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

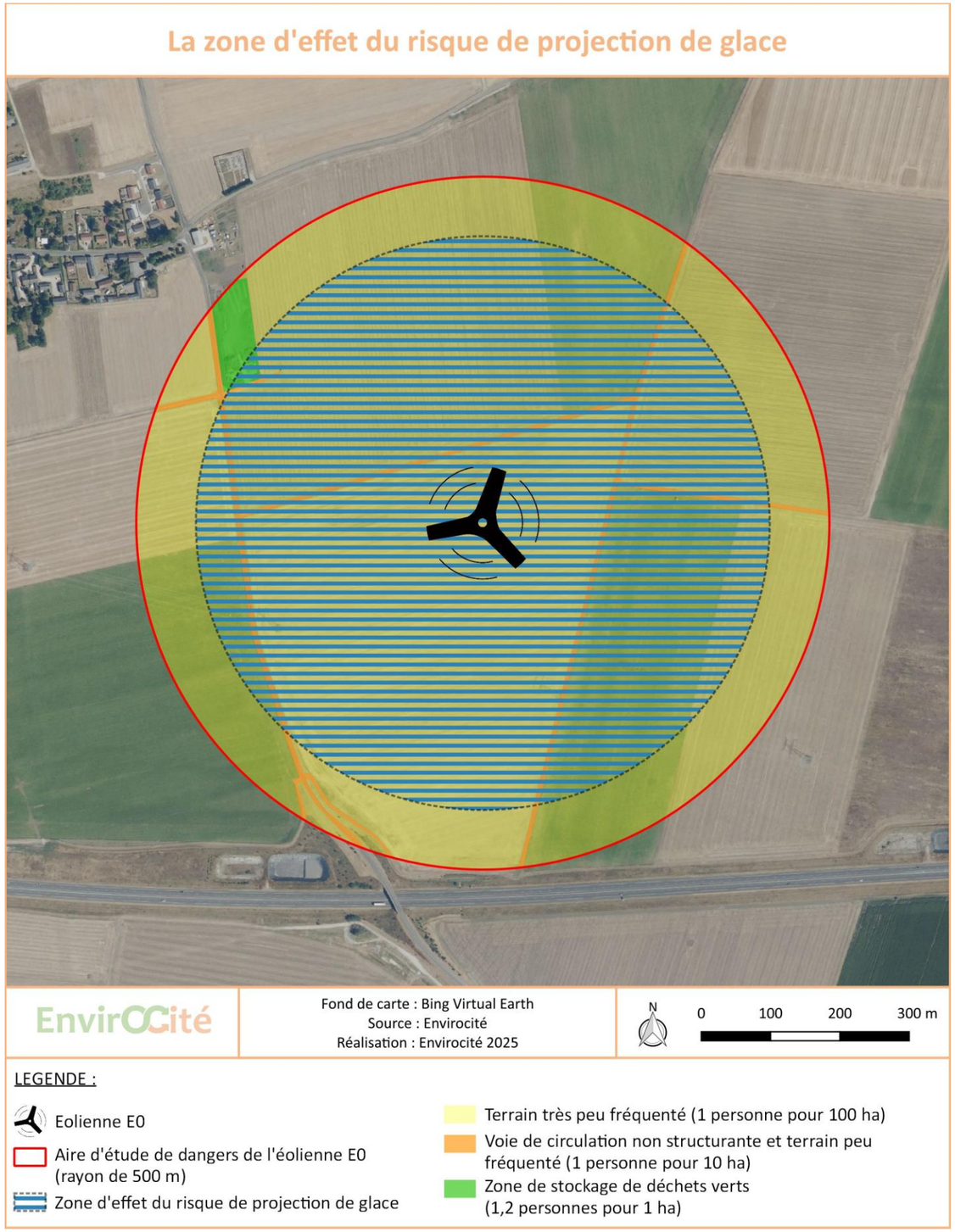
O.3.5.5 L'ACCEPTABILITÉ

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

*Tableau 72 : **acceptabilité du scénario « projection** de morceaux de glace »*

PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE (DANS UN RAYON DE R_{PG} = 1,5 X (H+2R) AUTOUR DE L'ÉOLIENNE, SOIT 415,5 M POUR E1 ET E2, 352,5 M POUR E3 ET E4, 388,5 M POUR E5 ET E6)				
ÉOLIENNE	**GRAVITÉ**	**PROBABILITÉ**	**PRÉSENCE DE SYSTÈME D'ARRÊT EN CAS DE DÉTECTION OU DÉDUCTION DE GLACE ET DE PROCÉDURE DE REDÉMARRAGE**	**NIVEAU DE RISQUE**
E0	Modérée	B	Oui	Très faible (acceptable)

Pour rappel, conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêt du 22 juin 2020, chaque aérogénérateur sera équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur 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 dans l'article 22 de l'arrêté précédemment mentionné.



Carte 28 : la zone d'effet du risque de projection de glace

O.4 LA SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES POUR LE PROJET MODIFIÉ À 4 ÉOLIENNES

O.4.1 LE TABLEAU DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Les tableaux regroupent les éoliennes qui ont le même gabarit.

Tableau 73 : synthèse des scénarios étudiés pour l'éoliennes E0

SCENARIO	ZONE D'EFFET	CINETIQUE	INTENSITE	PROBABILITE	GRAVITE
Effondrement de l'éolienne (S1)	Disque d'un rayon de 194,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition forte	D	Sérieuse
Chute de glace (S2)	Disque d'un rayon de 81,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
Chute d'élément de l'éolienne (S3)	Disque d'un rayon de 81,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée
Projection de pales ou fragments de pales (S4)	Disque d'un rayon de 500 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieuse
Projection de glace (S5)	Disque d'un rayon de 414 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée

Tableau 74 : synthèse des scénarios étudiés pour les éoliennes E1 et E2

SCÉNARIO	ZONE D'EFFET	CINÉTIQUE	INTENSITÉ	PROBABILITÉ	GRAVITÉ
Effondrement de l'éolienne (S1)	Disque d'un rayon de 194,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition forte	D	Sérieuse
Chute de glace (S2)	Disque d'un rayon de 81,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
Chute d'élément de l'éolienne (S3)	Disque d'un rayon de 81,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée
Projection de pales ou fragments de pales (S4)	Disque d'un rayon de 500 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	D	Importante
Projection de glace (S5)	Disque d'un rayon de 415,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée

Tableau 75 : synthèse des scénarios étudiés pour l'éolienne E3

SCÉNARIO	ZONE D'EFFET	CINÉTIQUE	INTENSITÉ	PROBABILITÉ	GRAVITÉ
Effondrement de l'éolienne (S1)	Disque d'un rayon de 165 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition forte	D	Importante pour E3 Sérieuse pour E4
Chute de glace (S2)	Disque d'un rayon de 68 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
Chute d'élément de l'éolienne (S3)	Disque d'un rayon de 68 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition forte	C	Sérieuse
Projection de pales ou fragments de pales (S4)	Disque d'un rayon de 500 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	D	Importante
Projection de glace (S5)	Disque d'un rayon de 352,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée

O.4.2 LA 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 scénarios de phénomènes dangereux étudiés : S1 à S5. Au regard des différences de gabarit entre éoliennes, cette démarche a été conduite distinctement pour les binômes suivants : E1/E2, E3/E4 et E5/E6. 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 a été utilisée.

Légende de la matrice :

NIVEAU DE RISQUE	COULEUR	ACCEPTABILITÉ
Risque très faible		Acceptable
Risque faible		Acceptable
Risque important		Non acceptable

Tableau 76 : synthèse des scénarios étudiés pour l'éolienne E0 (source : guide technique, mai 2012)

GRAVITÉ DES CONSÉQUENCES	CLASSE DE PROBABILITÉ				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		***S1, S4***			
Modéré			***S3***	***S5***	***S2***

Pour l'éolienne E0, quatre scénarios présentent des risques très faibles (effondrement d'éolienne, chute d'élément d'éolienne, projection de glace, projection de pale ou fragments de pale) et un scénario présente un risque faible (S2 : chute de glace). Tous les scénarios d'accident sont jugés acceptables.

Tableau 77 : synthèse des scénarios étudiés pour les éoliennes E1 et E2 (source : guide technique, mai 2012)

GRAVITÉ DES CONSÉQUENCES	CLASSE DE PROBABILITÉ				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		*S4*			
Sérieux		*S1*			
Modéré			*S3*	*S5*	*S2*

Pour les éoliennes E1 et E2, trois scénarios présentent des risques très faibles (effondrement d'éolienne, chute d'élément d'éolienne, projection de glace) et deux scénarios présentent des risques faibles (chute de glace, projection de pale ou fragments de pale). Tous les scénarios d'accident sont jugés acceptables.

Tableau 78 : synthèse des scénarios étudiés pour l'éolienne E3(source : guide technique, mai 2012)

GRAVITÉ DES CONSÉQUENCES	CLASSE DE PROBABILITÉ				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		*S1 (E3), S4*			
Sérieux		*S1 (E4)*	*S3*		
Modéré				*S5*	*S2*

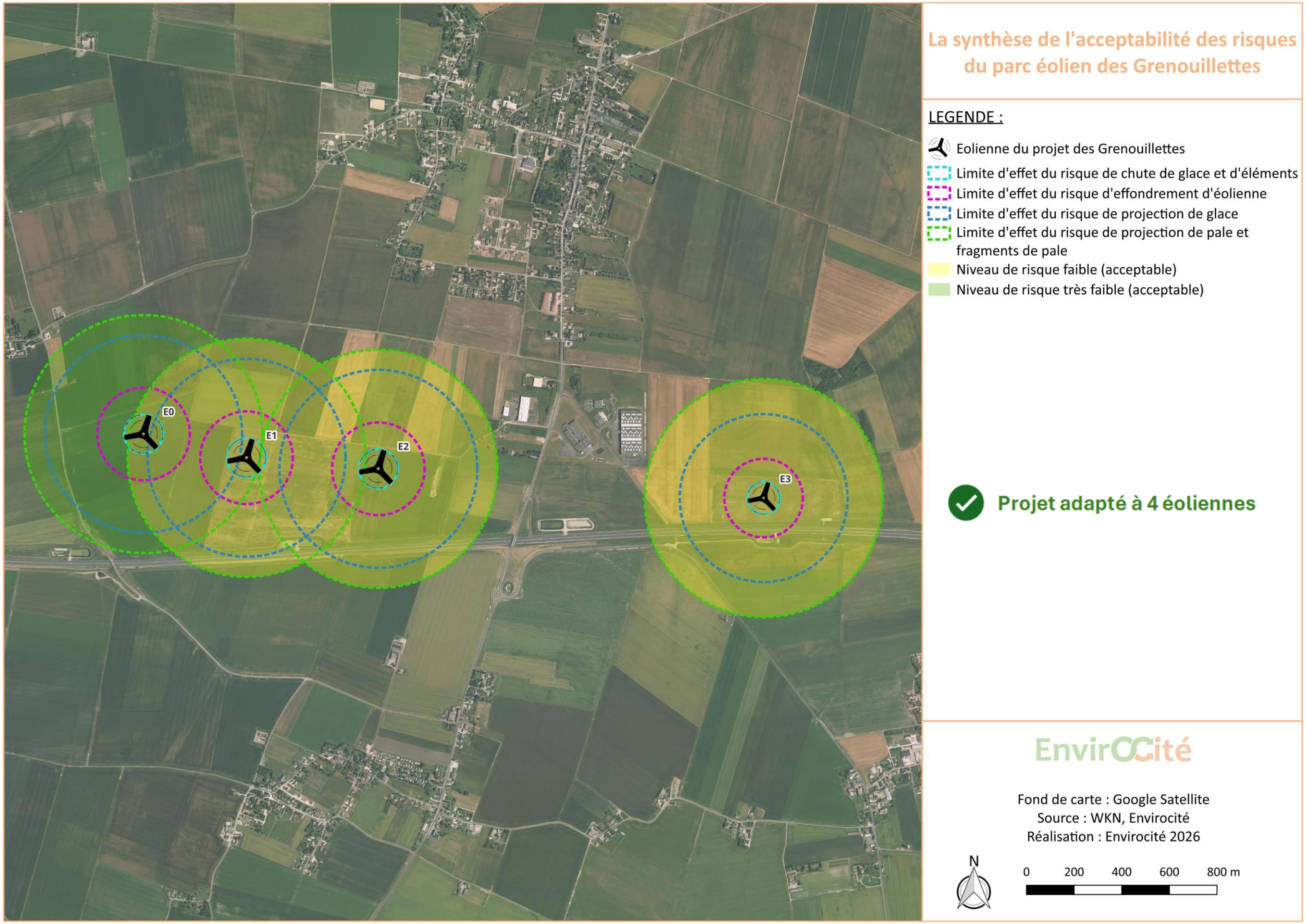
Pour l'éolienne E3, un scénario présente des risques très faibles (projection de glace) et quatre scénarios présentent des risques faibles (effondrement d'éolienne, chute de glace, chute d'éléments et projection de pale ou fragments de pale).

O.4.3 LA CARTOGRAPHIE DES RISQUES

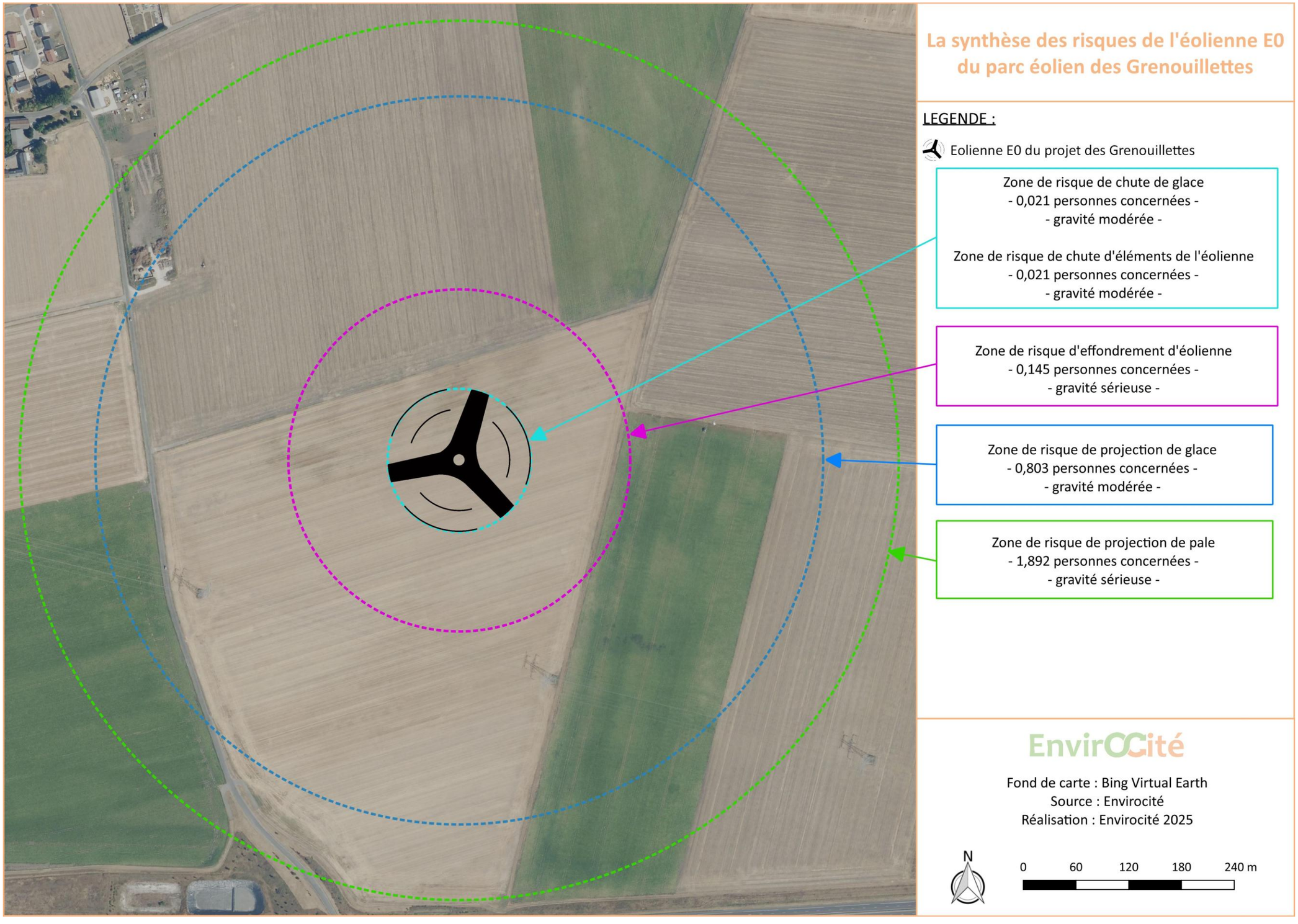
La carte ci-après constitue la synthèse des risques au sein de l'aire d'étude de dangers du parc éolien des Grenouillettes.

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

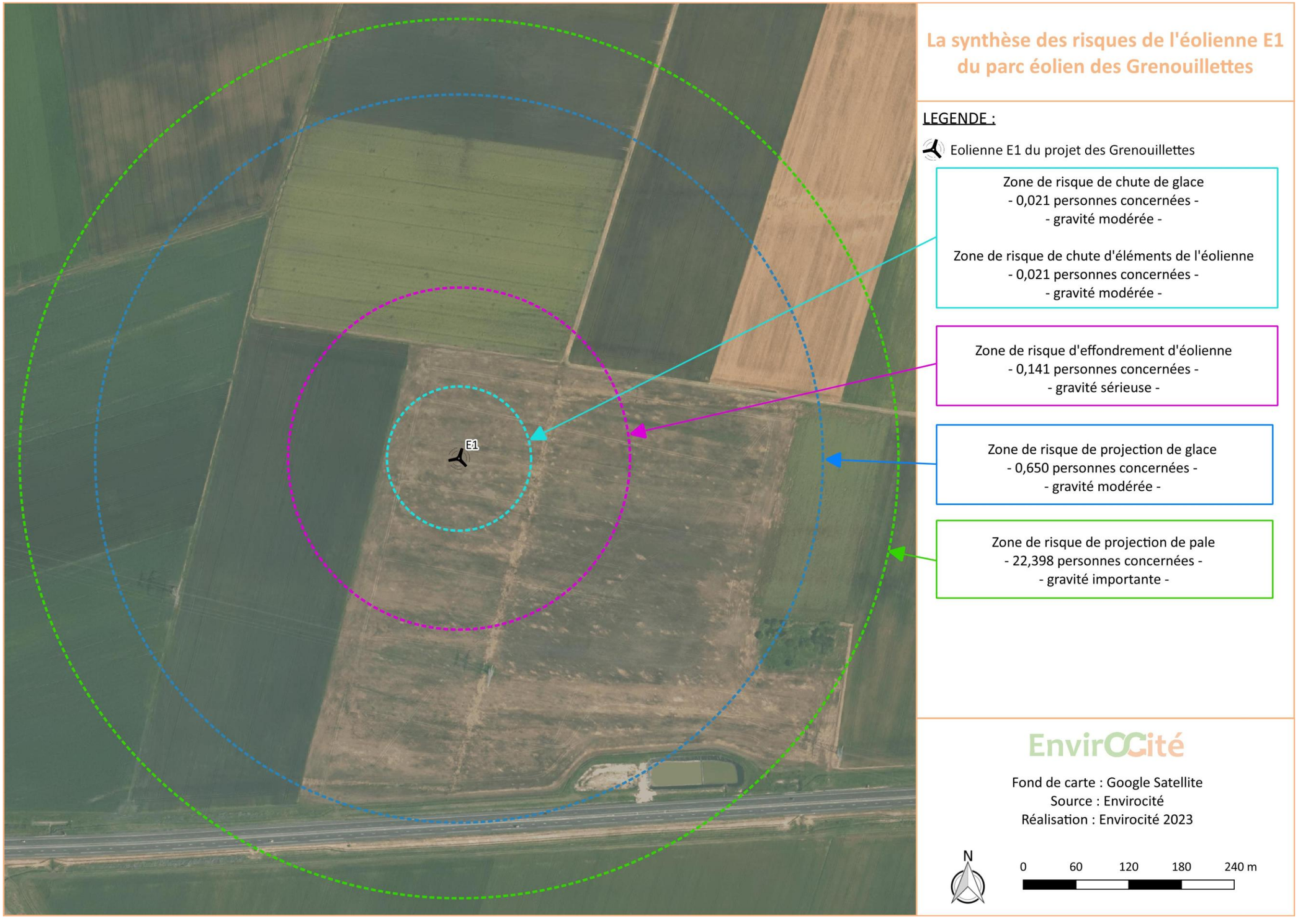
- **Le scénario S1 d'effondrement d'éolienne présente un risque très faible pour les éoliennes E0, E1, E2, et un risque faible pour l'éolienne E3. Le risque d'effondrement d'éolienne est ainsi jugé acceptable pour l'ensemble des éoliennes ;**
- **Le scénario S2 de chute de glace présente un risque faible pour l'ensemble des éoliennes. Le risque de chute de glace est ainsi jugé acceptable pour l'ensemble des éoliennes ;**
- **Le scénario S3 de chute d'éléments présente un risque très faible pour les éoliennes E0, E1, E2, et un risque faible pour E3. Le risque de chute d'éléments est ainsi jugé acceptable pour l'ensemble des éoliennes ;**
- **Le scénario S4 de projection de pale présente un risque très faible pour les éoliennes E0, E1, E2, et un risque faible pour l'éolienne E3. Le risque de projection de pale est ainsi jugé acceptable pour l'ensemble des éoliennes ;**
- **Le scénario S5 de projection de glace présente un risque très faible pour l'ensemble des éoliennes. Le risque**
- **Aucun scénario accident n'apparaît dans les cases rouges « non acceptables » de la matrice.**



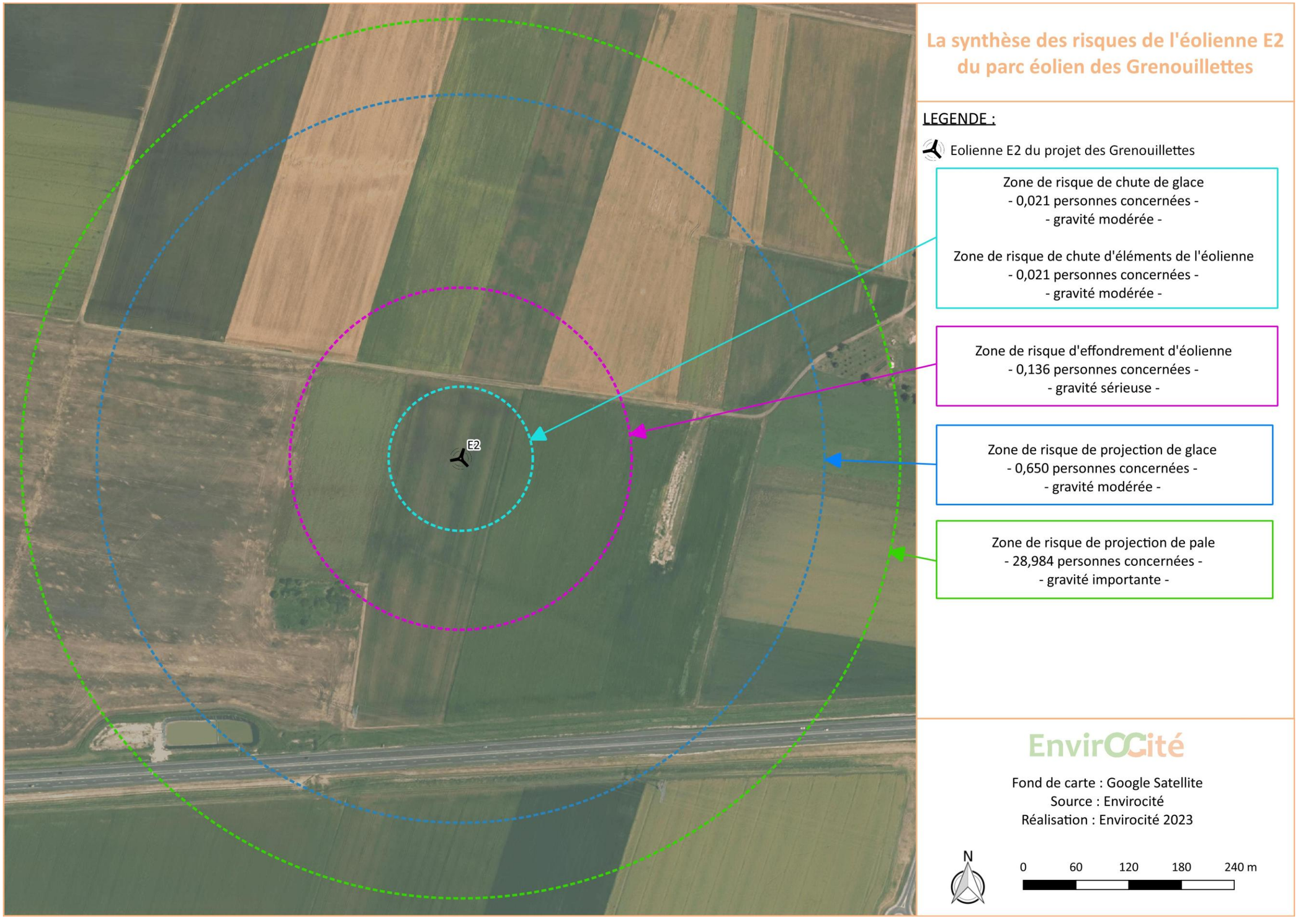
Carte 29 : la synthèse de l'acceptabilité des risques du parc éolien des Grenouillettes modifié à 4 éoliennes (projet final)



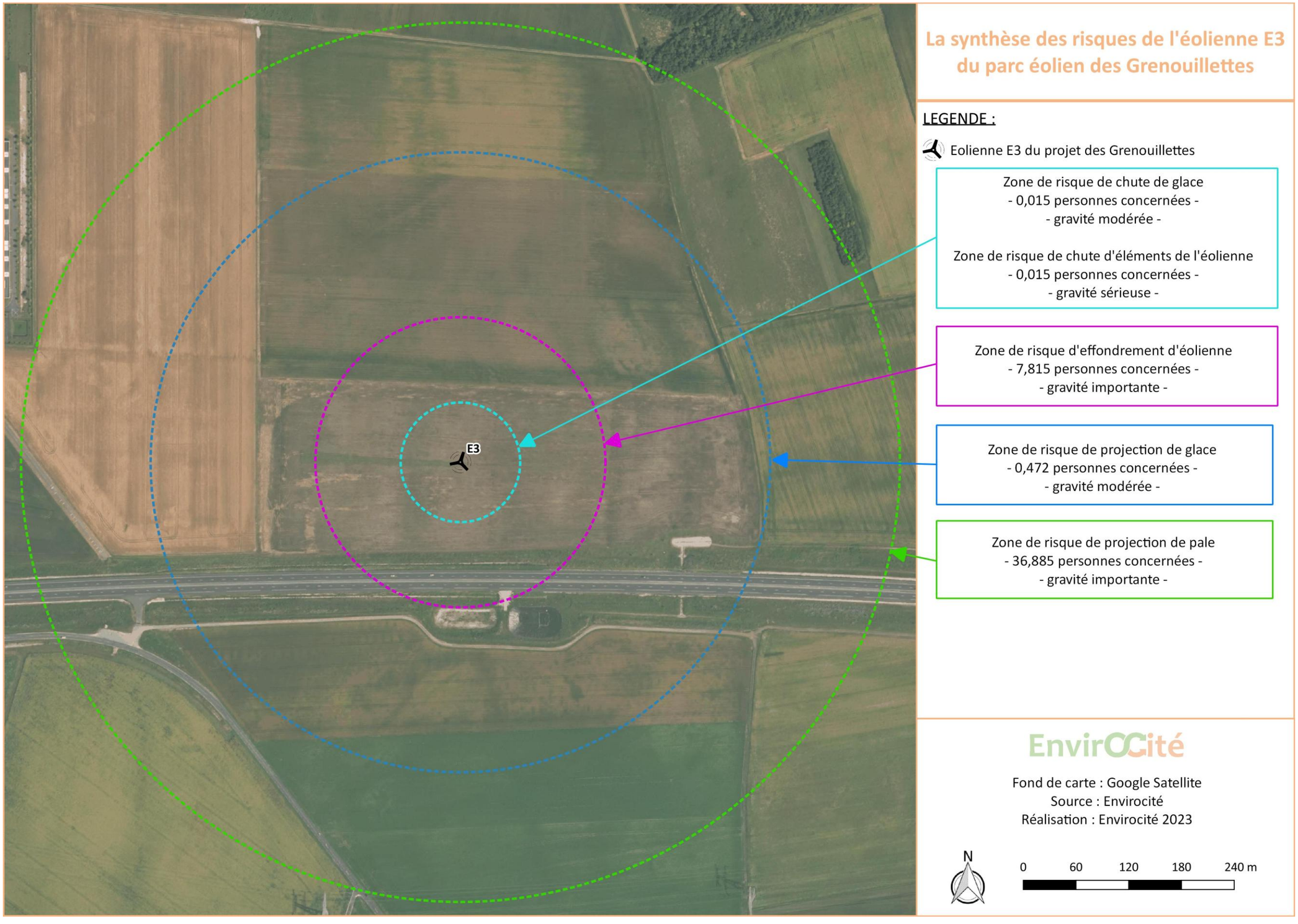
Carte 30 : synthèse des risques de l'éolienne E0 du parc éolien des Grenouillett



Carte 31 : la synthèse des risques de l'éolienne E1 du parc éolien des Grenouillettes



Carte 32 : la synthèse des risques de l'éolienne E2 du parc éolien des Grenouillettes



Carte 33 : la synthèse des risques de l'éolienne E3 du parc éolien des Grenouillettes

P. CONCLUSION

Les principaux risques identifiés pour le parc éolien des Grenouillettes sont des risques classiques pour ce type d'installations : risque de chute ou de projection de morceaux de glace, risque de chute ou de projection de toute ou partie de pale, risque d'effondrement de l'éolienne dans sa totalité.

Tableau 79 : synthèse des principaux risques identifiés

SCÉNARIO	ÉOLIENNES	INTENSITÉ	PROBABILITÉ	GRAVITÉ	ACCEPTABILITÉ
Effondrement de l'éolienne (S1)	E0, E1, E2	Exposition forte	D	Sérieuse	Oui
	E3	Exposition forte	D	Importante	Oui sous condition de mise en œuvre des mesures de maitrise de risque prévues dans le projet
Chute de glace (S2)	Toutes	Exposition modérée	A	Modérée	Oui sous condition de mise en œuvre des mesures de maitrise de risque prévues dans le projet
Chute d'élément de l'éolienne (S3)	E0, E1, E2	Exposition modérée	C	Modérée	Oui
	E3	Exposition forte	C	Sérieuse	Oui sous condition de mise en œuvre des mesures de maitrise de risque prévues dans le projet
Projection de pales ou fragments de pales (S4)	E1, E2, E3	Exposition modérée	D	Importante	Oui sous condition de mise en œuvre des mesures de maitrise de risque prévues dans le projet
	E0	Exposition modérée	D	Sérieuse	Oui
Projection de glace (S5)	Toutes	Exposition modérée	B	Modérée	Oui

Les éoliennes ont été implantées en prenant en compte les principales contraintes techniques du territoire. Elles respectent notamment la recommandation de recul de plus d'une hauteur totale d'éolienne + 3 m aux lignes électriques HTB émises par RTE ainsi que le recul réglementaire de 100 m à l'autoroute A19.

L'environnement du site ne présente pas d'autres facteurs d'aggravation de ces risques. Les terrains autour du projet sont essentiellement concernés par des parcelles agricoles desservies par des chemins agricoles très peu fréquentés. La fréquentation humaine sur l'aire d'étude de dangers est principalement liée au trafic routier de l'autoroute A19 et dans une moindre mesure de la RD30. La première habitation occupée est distante de 543 m des éoliennes en projet et s'inscrit donc en dehors des zones de scénarios accidentels liés au projet.

Les éoliennes seront certifiées selon la norme NF EN 61 400-1 ou IEC 61400-1 et adaptées aux conditions de vent évaluées préalablement sur le site. Les éoliennes sont caractérisées par des classes définies en fonction de la vitesse moyenne de vent, de la vitesse maximale et des turbulences. L'adéquation de l'éolienne retenue au site sera confirmée par le fournisseur d'éoliennes.

Elles seront équipées de divers systèmes de sécurité pour réduire les risques : maintenance régulière, port de protections individuelles adaptées, détection et protection incendie, détection de la survitesse, détection des vibrations anormales, protection foudre, détection des échauffements mécaniques, dispositif de détection de glace... Ces mesures feront l'objet d'une inspection et d'un suivi régulier afin de garantir dans le temps la fonction de sécurité qu'elles assurent.

Ainsi, dès la conception du projet, le choix a été fait de limiter les risques à la source en éloignant le danger des enjeux vulnérables. L'ensemble des risques du projet est jugé acceptable vis-à-vis de la matrice réglementaire d'acceptabilité du risque. Plusieurs mesures de maîtrise de risque seront toutefois mises en œuvre dans le cadre du projet éolien des Grenouillettes :

- Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (brides, joints...). Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, 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…) seront vérifiés avant toute mise en service industrielle. L'exploitant réalisera des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité. Selon une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur ;
- Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite en cas de tempête. L'éolienne sera mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue ;
- Conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, chaque aérogénérateur sera équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur sera mis à l'arrêt dans un délai maximal de 60 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 permettant de prévenir la projection de glace ;
- Conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, les prescriptions à observer par les tiers seront affichées soit en caractères lisibles soit au moyen de pictogrammes sur des panneaux positionnés sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concerneront notamment la mise en garde face au risque de chute de glace.
- Prévention de l'échauffement significatif des pièces mécaniques à l'aide de capteurs de température des pièces mécaniques et une mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement. Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis selon une périodicité qui ne pourra excéder 3 ans. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement ;
- Détection de survitesse et système de freinage. Mise en œuvre de systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. Le système de freinage sera constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire. Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, avant toute mise en service industrielle, l'exploitant réalisera des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité. Selon une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

Le parc éolien des Grenouillettes permet ainsi d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et pratiques actuelles.

Q. ANNEXES

Annexe 1 : MÉTHODE ET DÉTAILS PAR ÉOLIENNE DE COMPTAGE DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSÉES

La méthode de comptage des personnes exposées (ou équivalent personnes permanentes) -pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne- 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 C.4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

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

Q.1.1 LA MÉTHODE DE COMPTAGE

Q.1.1.1 LES TERRAINS NON BÂTIS

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

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

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

Q.1.1.2 LES 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.

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

Figure 15 : le nombre de personnes exposées sur les voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic

Q.1.1.3 LES VOIES DE CIRCULATION AUTOMOBILE

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 × 0,5 × 20 000/100 = 40 personnes

Q.1.1.3.1 Les 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.

Q.1.1.3.2 Les voies navigables

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

Q.1.1.3.3 Les chemins et voies piétonnes

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

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

Q.1.1.4 LES LOGEMENTS

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

Q.1.1.5 LES ÉTABLISSEMENTS 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.

Q.1.1.6 LES ZONES D'ACTIVITÉ

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

Annexe 2 : LE TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE (JUSQU'À DÉBUT 2012)

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et début 2012. L'analyse de ces données est présentée dans la partie F. de l'étude de dangers.

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DÉPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	ANNÉE DE MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RÉCENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DÉGÂTS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT À L'UTILISATION DANS L'ÉTUDE DE DANGERS
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DÉPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	ANNÉE DE MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RÉCENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DÉGÂTS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT À L'UTILISATION DANS L'ÉTUDE DE DANGERS
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance : explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DÉPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	ANNÉE DE MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RÉCENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DÉGÂTS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT À L'UTILISATION DANS L'ÉTUDE DE DANGERS
Rupture de pale	08/06/2009	Bolléne	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entrainant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-

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

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie G.4. 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).

Q.1.2 LES SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIÉS À LA GLACE (G01, G02)

Q.1.2.1 LE SCÉNARIO G01

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

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

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

Q.1.2.2 LE SCÉNARIO G02

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

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

Q.1.3 LES SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 À I07)

Les éventuels incendies interviendront dans le cas ou plusieurs conditions seraient réunies (exemple : 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 scenarios 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, entrainant 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.

Q.1.4 LES SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUITES (F01 À F02)

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

Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation).

Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau, tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de danger. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins…).

Q.1.4.1 LE SCÉNARIO F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

- Écoulement 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.

Q.1.4.2 LE SCÉNARIO F02

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

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

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

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

Q.1.5LES SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE CHUTE D'ÉLÉMENTS (C01 À C03)

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

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

Q.1.6LES SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES (P01 À P06)

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

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

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

L'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite dans la présente partie sur les scénarios incendies.

Q.1.6.1 LE SCÉNARIO P01

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

Q.1.6.2 LE SCÉNARIO P02

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

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

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

Q.1.6.3 LE SCÉNARIO 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.

Q.1.7LES SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'EFFONDREMENT DES ÉOLIENNES (E01 À E10)

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

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

Annexe 4 : LA PROBABILITÉ D'ATTEINTE ET LE 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 :

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

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 suivent récapitule les probabilités d'atteinte en fonction de l'événement redouté central.

ÉVÈNEMENT 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	$5*10^{-2}$	$5\ 10^{-2}$ (A)
Chute d'éléments	10^{-3}	$1,8*10^{-2}$	$1,8\ 10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Projection de morceaux de glace	10^{-2}	$1,8*10^{-6}$	$1,8\ 10^{-8}$ (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 : LE GLOSSAIRE ET LA BIBLIOGRAPHIE

Q.1.8LES DÉFINITIONS

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

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

Cinétique : Vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables (cf. art. 5 à 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005). Dans le tableau APR proposé, la cinétique peut être lente ou rapide. Dans le cas d'une cinétique lente, les enjeux ont le temps d'être mises à l'abri. La cinétique est rapide dans le cas contraire.

Danger : Cette notion définit une propriété intrinsèque à une substance (butane, chlore...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz...), à une disposition (élévation d'une charge...), à un organisme (microbes), etc., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable » (sont ainsi rattachées à la notion de « danger » les notions d'inflammabilité ou d'explosivité, de toxicité, de caractère infectieux, etc. inhérentes à un produit et celle d'énergie disponible [pneumatique ou potentielle] qui caractérisent le danger).

Efficacité (pour une mesure de maîtrise des risques) ou capacité de réalisation : Capacité à remplir la mission/fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. En général, cette efficacité s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction définie. Ce pourcentage peut varier pendant la durée de sollicitation de la mesure de maîtrise des risques. Cette efficacité est évaluée par rapport aux principes de dimensionnement adapté et de résistance aux contraintes spécifiques.

Evénement initiateur : Événement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

- Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité
- Réduction de l'intensité :
    - par action sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des vitesses de rotation, etc.
    - réduction des dangers: la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation
- La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source ».
- Réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, ou par des plans d'urgence).

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

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

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

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

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

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

Q.1.9 LES SIGLES

Quelques sigles utiles employés dans le présent guide sont listés et explicités ci-dessous :

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

INERIS : Institut National de l'EnviRonnement Industriel et des RisqueS

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

Q.1.10 LA BIBLIOGRAPHIE ET LES RÉFÉRENCES UTILISÉES

[1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
[2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
[3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
[4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
[5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005
[6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004
[7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006

[8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005

[9] Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement

[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 etal.

[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., Leteurtrois J.-P. - juillet 2004

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

[18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005

Annexe 6 : LES ACCIDENTS ET INCIDENTS RECENSÉS ENTRE 2012 ET 2022

Ces éléments sont issus des données disponibles sur la base de données ARIA (https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/) qui constitue la référence du retour d'expériences sur les accidents technologiques en France. Les incidents concernant un impact sur la faune n'ont pas été retenus dans cette liste car ils n'induisent pas de dangers notable pour les biens et les personnes (ce point est spécifiquement traité dans l'étude d'impact sur le milieu naturel).

2012 – 3 accidents et incidents recensés

CHUTE D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 42919 - 18/05/2012 - FRANCE - 28 - FRESNAY-L'EVEQUE

D35.11 - Production d'électricité

Dans un parc de 26 éoliennes de 2 MW mis en service en 2008, un aérogénérateur est mis à l'arrêt vers 3 h suite à la détection d'une oscillation anormale. L'équipe de maintenance d'astreinte constate à 8 h la chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et la rupture du roulement qui raccordait la pale au hub. Le pied de mat se situe à 190 m de la D389 et à 400 m de l'A10.

L'analyse des relevés des capteurs et des compte-rendus d'entretien ne révèle aucune anomalie ni signe précurseur (contraintes anormales qui auraient pu endommager le roulement, vibration suspecte avant la rupture, différence d'orientation des pales, défaut d'aspect visuel lors des contrôles…). Des traces de corrosion sont détectées dans les trous d'alésages traversant une des bagues du roulement reliant pale et hub. Selon le fabricant, cette corrosion proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement. L'installation est remise en service fin octobre après remplacement de la pale endommagée et mise en place de nouveaux roulements possédant une protection contre la corrosion.

L'exploitant demande à l'entreprise en charge de la maintenance, et fabricante, des éoliennes du parc de:

- procéder au contrôle visuel des roulements de l'ensemble des éoliennes tous les 3 mois.
- procéder au contrôle acoustique des roulements et de mesurer le niveau de corrosion.
- supprimer la corrosion des alésages à risque.
- contrôler l'absence de fissures résiduelles par courant de Foucault.

Les roulements de toutes les éoliennes du parc sont remplacés au cours de l'été 2018.

CHUTE D'ÉOLIENNE

N° 43110 - 30/05/2012 - FRANCE - 11 - PORT-LA-NOUVELLE

D35.11 - Production d'électricité

Un promeneur signale à 7h30 la chute d'une éolienne. Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits. Le site, ouvert au public, est sécurisé.

FEU D'ÉOLIENNE

N° 43228 - 05/11/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN

D35.11 - Production d'électricité

Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien ; un voisin donne l'alerte à 17h30. Des projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante. Les pompiers éteignent l'incendie vers 21h30. L'exploitant met en place un balisage de sécurité à l'aube le lendemain. A la suite de la chute d'une pale à 15h20, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place. Le 08/11, la municipalité interdit par arrêté l'accès au chemin menant à l'éolienne.

Le feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne. Un dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation de courants de court-circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante.

Cet accident met en question la fiabilité des dispositifs de protection électrique, les possibilités de suraccident (propagation de l'incendie à la végétation environnante, chute de pale) et des pistes d'amélioration dans la détection et la localisation des incendies d'éoliennes, ainsi que dans la réduction des délais d'intervention.

2013 – 3 accidents et incidents recensés

RUPTURE D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 43576 - 06/03/2013 - FRANCE - 11 - CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE

D35.11 - Production d'électricité

A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât. L'éolienne est mise en sécurité (2 pales restantes mises en drapeau, blocage du rotor, inspection du moyeu). Un périmètre de sécurité de 30 m est établi au pied de l'éolienne et la municipalité interdit l'accès à la zone. L'accident est déclaré à l'inspection des installations classées 48 h plus tard.

L'une des pales de cette éolienne avait déjà connu un problème de fixation en novembre 2011. Les fixations de cette pale au moyeu avaient été remplacées et le serrage des vis des 2 autres avait été contrôlé en avril 2012. La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut.

FEU D'ÉOLIENNE

N° 43630 - 17/03/2013 - FRANCE - 51 - EUVY

D35.11 - Production d'électricité

Des usagers de la N4 signalent vers 15h30 un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieux périlleux éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols. Les maires des communes voisines se sont rendus sur place.

Au moment du départ de feu, le vent soufflait à 11 m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale. La gendarmerie évoque une défaillance électrique après avoir écarté la malveillance. Le parc, mis en service en 2011, avait déjà connu un incendie quelques mois plus tôt selon la presse. Les 18 machines sont inspectées. A la suite de l'accident, l'exploitant et la société chargée de la maintenance étudient la possibilité d'installer des détecteurs de fumées dans les éoliennes.

INCIDENT SUR UN ACCUMULATEUR DANS UNE ÉOLIENNE

N° 44150 - 01/07/2013 - FRANCE - 34 - CAMBON-ET-SALVERGUES

D35.11 - Production d'électricité

Au cours d'une opération de maintenance dans le hub d'une éolienne (nez qui sert de local technique), un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient. L'intervention porte sur l'appoint en azote d'un accumulateur sous pression. Cet accumulateur est un cylindre de 10 L comportant deux compartiments : l'un contient de l'huile reliée au circuit hydraulique des pales de l'éolienne et l'autre de l'azote sous environ 100 bar de pression. Alors qu'il a terminé l'opération de remplissage du compartiment azote, pour laquelle il a positionné un outillage spécifique sur un raccord de l'accumulateur, le technicien de maintenance dévisse la vanne d'isolement de l'accumulateur, au lieu de l'embout de l'outillage. Une dépressurisation brutale de l'azote se produit, projetant une partie de la vanne au visage de l'opérateur ce qui lui brise le nez et plusieurs dents. L'inhalation du gaz provoque également un décollement de l'œsophage. L'opérateur est aidé par un collègue pour descendre de la nacelle puis hospitalisé. La gendarmerie place l'accumulateur de gaz sous scellé pour expertise.

Le risque que représente le dévissage de cette vanne d'isolement alors que l'accumulateur contient du gaz sous pression a été identifié par le fabriquant. La parade de conception mise en œuvre consiste a réaliser sur la visserie de la vanne une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à l'échappement du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total de la vanne et son éventuelle projection.

L'analyse de l'exploitant lui permet de réaliser les constats suivants : le dispositif d'alerte (perforation de la visserie) de l'accumulateur sur lequel s'est produit l'accident était opérationnel cependant la procédure d'intervention ne mentionnait ni l'existence, ni la signification de ce signal d'alerte. L'expertise réalisée sur l'équipement ne fait ressortir aucun constat de dégradation du matériel. Les causes de cet accident semblent donc directement liées des défaillances organisationnelles : la conscience des risques associés aux interventions sur des équipements sous pression, la formation de l'intervenant à sa tâche pression et les procédures opérationnelles n'étaient pas suffisamment robustes.

Suite à cet accident l'exploitant modifie ses procédures de maintenance et renforce la formation des techniciens sur les aspects risques. Pour l'heure, il suspend les opérations de remplissage des accumulateurs dans les hubs d'éolienne et fait réaliser cette opération en atelier. Une modification des accumulateurs est également envisagée pour utiliser des modèles avec vanne intégrée.

2014 – 2 accidents et incidents recensés

FEU D'ÉOLIENNE

N° 44831 - 09/01/2014 - FRANCE - 08 - ANTHENY

D35.11 - Production d'électricité

Un feu se déclare vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW. Le parc éolien est isolé électriquement. Un périmètre de sécurité de 300 m est mis en place. Le feu s'éteint de lui-même vers 20 h.

La nacelle est détruite, le rotor est intact. Le balisage aéronautique de la machine étant hors-service, les services de l'aviation civile sont alertés. La presse évoque un incident électrique pour expliquer le départ de feu.

L'éolienne sinistrée est démantelée le 17/06 par basculement à l'explosif. Cette opération nécessite la mise en place d'un périmètre de sécurité de 1 km.

CHUTE D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 46030 - 05/12/2014 - FRANCE - 11 - FITOU

D35.11 - Production d'électricité

A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments-là sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité la pale endommagée vers le bas.

L'exploitant effectue une inspection visuelle des pales des 8 autres éoliennes du parc. En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollage sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise.

2015 – 2 accidents et incidents recensés

FEU D'ÉOLIENNE

N° 46237 - 06/02/2015 - FRANCE - 79 - LUSSERAY

D35.11 - Production d'électricité

Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.

FEU D'ÉOLIENNE

N° 47062 - 24/08/2015 - FRANCE - 28 - SANTILLY

D35.11 - Production d'électricité

Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur. La nacelle étant trop haute pour la grande échelle des pompiers, ces derniers décident de laisser brûler le foyer sous surveillance. Les chemins menant à l'éolienne sont interdits à la circulation.

2016 – 6 accidents et incidents recensés

RUPTURE DE L'AÉROFREIN D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 47675 - 07/02/2016 - FRANCE - 11 - CONILHAC-CORBIERES

D35.11 - Production d'électricité

Vers 11h30, l'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol. L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien à distance. Les secours sécurisent les lieux. Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérofrein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu. Une campagne de contrôle des pales, aérofreins et de la chaîne de sécurité de chaque éolienne est réalisée.

CHUTE D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 47763 - 07/03/2016 - FRANCE - 22 - CALANHEL

D35.11 - Production d'électricité

Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Un intervenant se rend sur place et constate les dégâts. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Il balise la zone pour prévenir des chutes possibles d'éléments du rotor. Huit autres turbines du parc sont mises à l'arrêt. Les 2 dernières, ayant fait l'objet d'une révision intégrale récente, sont maintenues en fonctionnement.

Le lendemain, le site est sécurisé. La pale est déplacée, en dehors de la zone de culture. Les gros débris composés de matériaux composites et d'éléments mécaniques métalliques, projetés sur 50 m, sont regroupés pour expertise. La totalité des 54 billes de roulement est récupérée. Les débris de petite taille ne pouvant être retirés intégralement, les exploitants des parcelles agricoles concernées sont informés. La zone d'entreposage est balisée.

A l'origine, une rupture du système d'orientation.

L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale. L'éolienne avait fait l'objet d'une maintenance complète en septembre 2015. Son roulement ne présentait pas d'usure anormale. Cependant, une série d'alarmes était survenue le matin de l'événement. Une panne sur un groupe hydraulique avait nécessité l'intervention des équipes de maintenance. Après réparation, l'éolienne avait été redémarrée vers 14 h.

L'exploitant prend les mesures immédiates suivantes :

- démantèlement de l'éolienne impactée ;
- réalisation d'un protocole de contrôle, par le fabricant, du roulement et de la boulonnerie de toutes les pales avant redémarrage des unités arrêtées ;
- inhibition du réarmement automatique de la turbine sur apparition d'une alarme de dysfonctionnement du système d'orientation des pales ;
- limitation de la puissance produite à 650 kW (au lieu de 800 kW) pour une période d'observation de 7 jours.

FUITE D'HUILE DANS UNE ÉOLIENNE

N° 48264 - 28/05/2016 - FRANCE - 28 - JANVILLE

D35.11 - Production d'électricité

À 15h15, un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Il arrête celle-ci et contacte l'équipe de maintenance. Arrivés à 17 h, les agents mettent en place des absorbants. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol. 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. L'installation est réparée 2 jours plus tard. L'exploitant effectue une campagne de remplacement des raccords identiques du parc.

FEU DANS UNE ÉOLIENNE

N° 48426 - 10/08/2016 - FRANCE - 80 - HESCAMPS

D35.11 - Production d'électricité



Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Il redescend seul les 70 m de l'échelle intérieure de l'éolienne. Il est légèrement intoxiqué par les fumées. Les pompiers contrôlent l'extinction complète et procèdent à la ventilation.

Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.

FEU DANS UNE ÉOLIENNE

N° 48471 - 18/08/2016 - FRANCE - 60 - DARGIES

D35.11 - Production d'électricité



Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut. Des pompiers spécialisés dans les interventions en milieux périlleux effectuent une reconnaissance en partie haute de la machine. Ils ouvrent une trappe de ventilation. Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.

ÉLECTRISATION D'UN EMPLOYÉ DANS UNE ÉOLIENNE

N° 48588 - 14/09/2016 - FRANCE - 10 - LES GRANDES-CHAPELLES

D35.11 - Production d'électricité



Vers 15 h, un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne. Les pompiers spécialisés dans les interventions en hauteur évacuent la victime consciente.

2017 – 12 accidents et incidents recensés

FISSURE SUR UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 49413 - 11/01/2017 - FRANCE - 59 - LE QUESNOY

D35.11 - Production d'électricité



Une fissure est constatée sur une pale d'une éolienne. L'exploitant arrête l'installation. L'expertise de la pale conclut que le dommage est suffisamment réduit pour être réparable. Il n'est donc pas nécessaire de procéder à son remplacement. L'exploitant envisage d'effectuer cette réparation au printemps, lorsque les conditions météorologiques permettront d'intervenir sans la déposer. Selon l'exploitant, le défaut ne présente pas de caractère générique.

RUPTURE DES PALES D'UNE ÉOLIENNE

N° 49104 - 12/01/2017 - FRANCE - 11 - TUCHAN

D35.11 - Production d'électricité



Vers 4 h, au cours d'un épisode de vents violents, les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. L'exploitant collecte les morceaux de fibre de carbone répartis autours du mat de 40 m de l'éolienne. Des impacts sur le mat sont visibles. Il met en place des barrières et un gardiennage pour en sécuriser l'accès.

L'éolienne, de 600 kW mise en service en 2002, était à l'arrêt pour maintenance suite à la casse totale de son arbre lent quelques jours auparavant. Cette rupture a eu pour conséquence le désaccouplement du rotor avec le multiplicateur, donc de rendre inopérant le frein mécanique. Bien que mise en position de sécurité (parallèle au vent et aérofrein des pales activé), les vents à 25 m/s ont provoqué la rupture des pales à cause d'une vitesse de rotation excessive.

Après expertise, l'exploitant conclut que la cause la plus probable de la casse de l'arbre lent est un endommagement du roulement avant sur lequel l'arbre est posé. Cette défaillance aurait induite une contrainte importante en flexion sur la partie arrière, à l'entrée dans le multiplicateur, provoquant sa rupture. Aucune faiblesse n'est identifiée dans la structure de la matière de l'arbre. Les contrôles réalisés sur les autres installations de son parc ne détectent pas d'anomalie.

Afin d'éviter le renouvellement de cet incident, l'exploitant prévoit d'équiper tous ses aérogénérateurs d'un capteur inductif de présence. Couplé au système de contrôle/commande de l'éolienne, ceci permettrait de mettre l'éolienne en sécurité dès que le roulement avant viendrait à s'affaisser de plus de 1 mm. Dans pareil cas, un contrôle visuel et fonctionnel de l'ensemble roulement/arbre lent serait engagé. De plus, un contrôle vibratoire de la chaîne d'entrainement est planifié à intervalles réguliers afin de détecter un éventuel défaut d'alignement ou une contrainte particulière.

L'éolienne accidentée est remise en service après réparation de son mât et remplacement des pièces endommagées (pales, multiplicateur, arbre lent).

CHUTE D'UNE PALE D'UNE ÉOLIENNE

N° 49151 - 18/01/2017 - FRANCE - 80 - NURLU

D35.11 - Production d'électricité



Un particulier constate qu'une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. Il informe l'exploitant qui arrête toutes les machines du parc en activité. Arrivés sur site à 11h30, des agents demandent la mise en sécurité de l'éolienne et mettent en place un périmètre de sécurité autour de la zone.

Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute.

Sur place le lendemain, l'inspection des installations classées constate que les 2/3 de la pale sont brisés, mais que son armature est toujours en place. L'essentiel des débris se situe à moins de 90 m du mât. Les débris les plus lourds sont à moins de 27 m.

RUPTURE D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 49359 - 27/02/2017 - FRANCE - 55 - LAVALLEE

D35.11 - Production d'électricité



Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne. L'ensemble du parc éolien, qui compte 4 éoliennes de 2 MW et 80 m de haut, est mis à l'arrêt. Les débris sont ramassés et traités par une société spécialisée, pour expertise.

Un orage violent s'est abattu sur la zone de 18 h à 18h30. À 18h07, l'alarme "vent fort" de l'éolienne voisine s'est déclenchée. L'alarme "capteur de vibration" de l'éolienne endommagée s'est déclenchée à la même heure. À 18h10, le réseau électrique a été coupé, provoquant la perte de liaison avec le parc éolien. L'exploitant a découvert la casse le lendemain en se rendant sur place pour remettre le parc en service. Le parc avait été mis en service en février 2011.

Le fabricant de l'éolienne réalise l'expertise de la pale. Ses vérifications lui permettent d'exclure un défaut de fabrication et de confirmer le respect des spécifications. L'hypothèse d'un impact de foudre est également écartée : aucune trace d'impact n'est retrouvé. Une rafale de vent extrême ayant été mesurée dans les secondes précédant la rupture, cette origine est privilégiée pour expliquer la casse de la pale. Le contrôle de 2 autres éoliennes du parc ne révèlent pas de défaut.

CHUTE D'UN ÉLÉMENT D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 49374 - 27/02/2017 - FRANCE - 79 - TRAYES

D35.11 - Production d'électricité

Vers 22 h, le système d'exploitation d'un parc éolien émet des alarmes portant sur l'éolienne n°4 : mise à l'arrêt de l'éolienne et incohérence entre les vitesses de rotation du rotor et de l'arbre de la génératrice électrique. Le lendemain matin, l'exploitant constate sur place que les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m. L'exploitant place les 4 éoliennes du parc en position de sécurité et initie des expertises. Il collecte les débris et sécurise le site.

L'exploitant envisage qu'un défaut au niveau du bord d'attaque de la pale puisse être la cause du bris de pale. Il écarte les possibilités d'un impact de foudre, ou de fortes rafales de vent. La pale accidentée est remplacée. L'éolienne redémarre le 11/10/17.

L'expertise du fabriquant conclut à un défaut de fabrication. Par erreur, les couches de tissu du bord d'attaque ont été coupées, manuellement, niveau de la ligne de jonction des 2 coques lors des opérations de ponçage des excès de colle après démoulage de la pale. Dans cette zone, les coques n'étaient maintenues entre elles que par le mastic et la peinture de finition.

À l'issue des contrôles sur les 4 autres éoliennes du parc, 2 d'entre elles sont remises en service. Des défauts sont découverts sur les 2 autres :

- les plans de collages entre la poutre structurelle interne (le spar) et les demi-coques aérodynamiques (blade shells) présentent par endroits d'importantes zones de décohésion ;
- des fissurations, portant atteinte aux structures des coques aérodynamiques et des plans de collages des bords d'attaque et bords de fuite des pales, sont présentes ;
- des collecteurs de foudre (diverter strip) sont manquants ou endommagés à la pointe de certaines pales.

L'exploitant s'engage à réaliser les réparations nécessaires avant la remise en service de ces 2 éoliennes.

FEU DANS LA NACELLE D'UNE ÉOLIENNE

N° 49746 - 06/06/2017 - FRANCE - 28 - ALLONNES

D35.11 - Production d'électricité

Vers 18 h, un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant met en sécurité les 17 machines du parc éolien. Les secours coupent la circulation sur la N154. L'incendie s'éteint seul, à la fin de la combustion de la nacelle, vers 19h30. La nacelle et le rotor sont totalement calcinés. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés par l'incendie. Des éléments sont tombés au sol. L'exploitant met en place un gardiennage.

Le lendemain, l'inspection des installations classées se rend sur les lieux. Des coulures d'hydrocarbures sont constatées sur le mât. Les dégâts sont de nature à compromettre la stabilité mécanique du mât, de la nacelle, des pales et du rotor de l'éolienne. En première hypothèse, l'exploitant indique qu'un défaut des condensateurs du boitier électrique, situé dans la nacelle, pourrait être à l'origine du sinistre. Il exclut la piste d'un impact de foudre. Un arrêté préfectoral d'urgence demande à l'exploitant :

- la mise en sécurité de l'éolienne avec démontage des éléments risquant de chuter et matérialisation d'un périmètre de sécurité de 300 m ;
- une surveillance de l'environnement avec analyse de la pollution des sols et évacuations des déchets.

L'éolienne est démantelée le 17/06.

CHUTE DE PALE D'ÉOLIENNE DUE À LA FOUDRE

N° 49768 - 08/06/2017 - FRANCE - 16 - AUSSAC-VADALLE

D35.11 - Production d'électricité

Durant la nuit lors d'un orage, une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol. Le lendemain matin, l'exploitant arrête les 4 éoliennes de son parc. Il collecte les débris tombés dans une zone de 50 à 100 m du mât et met en place un balisage. Il avertit l'exploitant agricole propriétaire du champ où est installée l'éolienne.

L'expertise réalisée par le fabriquant de la pale conclut qu'un impact de foudre est à l'origine de sa rupture. Survenu à 35 cm de l'extrémité, il a entraîné la rupture du bord de fuit, puis une déchirure du fragment. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut.

CHUTE D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 49902 - 24/06/2017 - FRANCE - 62 - CONCHY-SUR-CANCHE

D35.11 - Production d'électricité

Vers 23h30, une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien. La pale chute à la verticale, au pied du mat. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m. L'exploitant arrête l'installation ainsi que les 4 autres aérogénérateurs du site, du même modèle. Il met en place un périmètre de sécurité et condamne l'accès au site.

Le vent était faible au moment de l'événement.

CHUTE D'UN AÉROFREIN D'UNE ÉOLIENNE

N° 50291 - 17/07/2017 - FRANCE - 76 - FECAMP

D35.11 - Production d'électricité

Vers 23h30, un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne dans un parc éolien. Le lendemain matin, un agent de maintenance découvre l'équipement au pied du mât de 49 m. La clôture du site est endommagée. L'éolienne est arrêtée. Un arrêt pour maintenance étant programmé 6 jours après, les autres aérogénérateurs du site sont maintenus en fonctionnement. Durant cet arrêt, les mécanismes d'aérofreins et les pales de toutes les machines sont inspectées. L'aérofrein défectueux est remplacé. L'installation redémarre le 16/08/17.

L'exploitant conclut que le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine. Il étudie l'opportunité d'augmenter la fréquence d'inspection des mécanismes de fixation des aérofreins ou leur modification, notamment pour fiabiliser l'action de la vis anti-rotation.

FUITE D'HUILE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 50898 - 24/07/2017 - FRANCE - 56 - MAURON

D35.11 - Production d'électricité

Une fuite d'huile est détectée vers 17 h sur une éolienne. La rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur en est à l'origine. Le rejet, estimé à 5 l, s'est écoulé le long du mât et quelques gouttes sont tombées au sol. L'éolienne est arrêtée et des absorbants sont disposés au sol. Le flexible est remplacé. L'éolienne redémarre le lendemain.

Une société spécialisée réalise un diagnostic de l'état des milieux sur 3 500 m² en réalisant 7 sondages du sol. Seule une zone de pollution de 2 m² sur 10 cm de profondeur est identifiée au pied du mât. Une société de traitement évacue ces graviers impactés. La vétusté du flexible serait à l'origine de la fuite.

BRIS D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 50148 - 05/08/2017 - FRANCE - 02 - PRIEZ

D35.11 - Production d'électricité

Vers 3 h une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés par l'exploitant au pied du mât le matin. Il en sécurise l'accès et fait surveiller la zone. L'inspection des installations classées demande la mise à l'arrêt de tous les aérogénérateurs du parc dans l'attente de la compréhension de l'événement.

CHUTE DU CARÉNAGE D'UNE ÉOLIENNE

N° 50694 - 08/11/2017 - FRANCE - 27 - ROMAN

D35.11 - Production d'électricité

En fin d'après-midi, le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol dans un parc éolien. Cette pièce, en matériaux composites, mesure 2 m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg. Elle supporte une armoire électrique. Les agents de maintenance, avertis par une alarme "arrêt automatique turbine" à 17h30, se rendent sur place le lendemain matin. Ils sécurisent l'accès à la zone et préviennent l'exploitant agricole de la parcelle. L'ensemble du parc éolien est mis à l'arrêt.

L'exploitant conclut que la chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages. La procédure n'aurait pas été respectée lors du montage des turbines. La tête de chaque boulon doit reposer sur 2 rondelles (l'une en vinyle, l'autre métallique) permettant de répartir les efforts. Il s'avère que les rondelles métalliques étaient absentes. Les contraintes étaient donc mal réparties et la fibre de verre s'est arrachée autour des rondelles vinyles.

L'exploitant procède au contrôle des carénages des autres aérogénérateurs du parc. Aucun défaut n'est découvert. Il intègre la vérification des boulonnages de fixation du carénage à son plan d'inspection hebdomadaire. L'exploitation du parc éolien reprend le lundi 13. Le carénage accidenté est remplacé.

2018 – 11 accidents et incidents recensés

CHUTE D'UNE ÉOLIENNE LORS D'UNE TEMPÊTE

N° 50913 - 01/01/2018 - FRANCE - 85 - BOUIN

D35.11 - Production d'électricité

En début de matinée lors d'une tempête, le mât d'une éolienne de 60 m de haut se brise en 2. Les 55 m supérieurs de l'éolienne chutent au sol. Des débris s'éparpillent sur une surface assez importante. Le rotor est enfoncé dans le sol. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. L'exploitant arrête les 7 autres éoliennes du parc. Il met en place un gardiennage.

L'exploitant réalise une expertise de l'éolienne mise en service en 2003, conjointement avec son fabriquant. 3 jours avant l'accident, alors que le vent souffle à plus de 40 m/s, le contrôle de l'orientation des 3 pales de l'éolienne est perdu. Le système de contrôle des pales stoppe automatiquement la turbine. Les conditions météorologiques ne permettant pas d'intervention directe sur l'aérogénérateur, la situation est diagnostiquée à distance. À la suite d'une erreur d'interprétation des données, un opérateur place l'éolienne dans une position qui entraîne une augmentation rapide de la vitesse du rotor, dépassant la limite de sécurité. Les dispositifs de protection contre la survitesse s'activent, mais la machine ne s'arrête pas à cause d'une usure anormale des blocs de frein du système d'orientation des pales. Les charges mécaniques exercées sur le mât excèdent alors largement les limites de conception de l'éolienne, qui s'effondre. Les investigations de l'exploitant lui permettent de découvrir que le protocole des inspections de maintenance ne couvrait pas la liaison mécanique entre le moteur et les freins. L'usure de cet équipement n'a pas été détectée lors des contrôles annuels.

Les autres éoliennes du site redémarrent après des vérifications spécifiques et le remplacement de leurs blocs de frein du système d'orientation des pales. L'exploitant :

- révise la procédure d'intervention en cas de défaillance du système d'orientation des pales et y forme ses agents ;
- met à jour les instructions de maintenance de ce système : le remplacement de tout ou partie des blocs de frein est planifié tous les 5 ans ;
- met en place un outil spécifique pour le diagnostic d'une défaillance potentielle des blocs de frein qui compare la position effective des pales à la consigne ;
- adresse une note de sécurité aux exploitants des parcs équipés du même type d'éolienne.

CHUTE D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 50905 - 04/01/2018 - FRANCE - 55 - NIXEVILLE-BLERCOURT

D35.11 - Production d'électricité

Dans un parc éolien, l'extrémité d'une pale d'une éolienne de 2 MW se rompt, lors d'un épisode venteux. Un morceau de 20 m chute au sol. L'exploitant sécurise la zone. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. Un gardiennage est mis en place 24 h/24.

CHUTE DE L'AÉROFREIN D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 51122 - 06/02/2018 - FRANCE - 11 - CONILHAC-CORBIERES

D35.11 - Production d'électricité

Vers 11h30, l'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol dans un parc éolien. L'équipe technique présente sur site arrête l'aérogénérateur. La zone est sécurisée, les débris ramassés.

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.

Un accident similaire est survenu sur ce parc 2 ans auparavant (ARIA 47675).

INCENDIES CRIMINELS DANS UN PARC ÉOLIEN

N° 51675 - 01/06/2018 - FRANCE - 26 - MARSANNE

D35.11 - Production d'électricité

Vers 2h30, un feu se déclare au pied d'une éolienne dans un parc composé de 8 aérogénérateurs. L'incendie se propage jusqu'à sa nacelle. Les pompiers placent des lances en prévention de l'extension du sinistre à la végétation car des morceaux incandescents chutent au sol. Ils maîtrisent l'incendie. La nacelle est entièrement brulée ainsi que

la base des pales mais celles-ci restent en place. Une deuxième éolienne fait également l'objet d'un départ de feu, mais celui-ci est resté confiné à sa base. Des barrières sont posées sur les accès et un gardiennage est effectué.

La gendarmerie conclut que l'origine de l'événement est criminelle : les portes d'accès aux éoliennes impliquées ont été fracturées et du combustible est découvert. L'exploitant estime les dégâts à 2 M€.

INCENDIE D'ÉOLIENNE

N° 51681 - 05/06/2018 - FRANCE - 34 - AUMELAS

D35.11 - Production d'électricité

Un feu se déclare vers 18h45 dans la nacelle d'une éolienne de 70 m de haut. 10 minutes plus tard, l'exploitant découple à distance le parc éolien du réseau électrique. Des éléments de l'éolienne en feu chutent au sol. Les flammes se propagent en partie basse de l'aérogénérateur. Les pompiers laissent l'incendie se terminer sous surveillance mais placent des lances en prévention d'une propagation du sinistre à la végétation. La nacelle de l'aérogénérateur est presque totalement détruite. 50m² de végétation ont brûlé. L'accès à la zone est interdit et surveillé. Les débris sont ramassés.

Selon la presse, un dysfonctionnement électrique serait à l'origine de l'incendie.

CHUTE DES EXTRÉMITÉS DE DEUX PALES D'UNE ÉOLIENNE

N° 51853 - 04/07/2018 - FRANCE - 11 - PORT-LA-NOUVELLE

D35.11 - Production d'électricité

Vers 18 h, une avarie est 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. L'exploitant met en place un périmètre de sécurité. L'aérogénérateur est mis en position de sécurité. Un gardiennage permanent est mis en œuvre, pendant 4 jours, le temps d'évacuer tous les débris.

L'inspection des installations classées se rend sur place 2 jours après et demande à l'exploitant de :

- Nettoyer la zone pour évacuer l'ensemble des débris et les remettre à une filière agrée ;
- Maintenir un gardiennage jusqu'à la mise en place d'un balisage renforcé autour de l'éolienne ;
- Maintenir le parc éolien à l'arrêt jusqu'aux résultats des investigations menées pour connaître l'origine de l'incident et la mise en œuvre d'actions préventives / correctives préconisées sur les 4 autres éoliennes du parc.

INCENDIE D'ÉOLIENNE PROPAGÉE À LA VÉGÉTATION

N° 52641 - 28/09/2018 - FRANCE - 81 - SAUVETERRE

D35.11 - Production d'électricité

Vers 2h, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne dans un parc éolien. Un riverain donne l'alerte. L'exploitant arrête les 4 aérogénérateurs du site. Les pompiers rencontrent des difficultés d'accès à la zone sinistrée. Des éléments enflammés chutent au sol. L'incendie se propage à la végétation voisine. Les pompiers maîtrisent le sinistre à 6h30. Ils maintiennent une surveillance en raison des risques de reprise de feu. L'exploitant met en place un balisage et un gardiennage de la zone.

La nacelle, les pales et des armoires de commande en pied de mât sont détruits. La machine est démantelée début novembre. L'incendie impacte également 2,5 ha de végétation, essentiellement une plantation de résineux, qui ont brûlé.

La présence de 2 foyers et de traces d'effraction sur la porte d'accès amène les secours à conclure à un acte de malveillance.

FUITE D'HUILE HYDRAULIQUE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 52498 - 17/10/2018 - FRANCE - 80 - FLERS-SUR-NOYE

D35.11 - Production d'électricité

Vers midi, un technicien de maintenance détecte une fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. L'aérogénérateur est arrêté. 150 l d'huiles sont récupérés. L'exploitant du parc éolien estime que 50 l ont été perdus. Sous l'effet du vent, la zone impactée au pied de l'éolienne, ainsi que des terrains cultivés adjacents, est de 2 000 m². Une partie des cultures est perdue. Les terres polluées sont décapées sur une dizaine de cm. Elles sont stockées sur une bâche étanche avant leur retraitement. De la terre végétale est mise en œuvre pour permettre la reprise de l'activité agricole. Un contrôle des prochaines récoltes est planifié.

La mauvaise réalisation d'une activité de maintenance annuelle préventive, la veille de l'événement, en est à l'origine. Selon le prestataire en charge de l'opération, un premier technicien n'a pas suffisamment serré le nouveau filtre hydraulique qu'il venait de mettre en place sur le circuit du multiplicateur de vitesse. Le contrôle de cette opération, prévu par un second technicien, n'a pas été effectué. Un superviseur du prestataire intervient sur le site afin de suivre la qualité du travail et de réaliser la formation des techniciens.

EFFONDREMENT D'UNE ÉOLIENNE

N° 52558 - 06/11/2018 - FRANCE - 45 - GUIGNEVILLE

D35.11 - Production d'électricité

Vers 6 h, une éolienne, d'une hauteur en bout de pale de 140 m, s'effondre dans un parc éolien composé de 2 aérogénérateurs (3 MW). Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête l'autre éolienne ainsi que les éoliennes de même type dans 4 autres parcs. Un balisage et une surveillance sont mis en place.

L'inspection des installations classées constate sur site que le mat s'est arraché de sa base en béton. Les filetages des boulons de fixation du mât sont arasés et les écrous sont arrachés. Des fissures circulaires sont présentes au niveau de la base en béton. Un arrêt de mesures d'urgence est signé par le préfet.

Le rapport d'analyse par l'exploitant est tierce expertisé. Il est conclu qu'une survitesse de rotation des pales de l'éolienne a conduit à une surcharge de contraintes sur la structure, provoquant son effondrement. Cet emballement est consécutif au déclenchement d'un arrêt d'urgence alors que l'alimentation de secours (par batterie) des 3 pales était en défaut, sachant que le passage d'une seule pale en position d'arrêt aurait permis d'arrêter l'éolienne. Les causes de la défaillance simultanée des alimentations électriques des 3 pales de l'éolienne relèvent de :

- la conception de l'éolienne :
  - chaque pale est alimentée par 24 batteries montées en série : la défaillance d'une seule met en défaut l'alimentation électrique de l'arrêt d'urgence de la pale. Des batteries étaient déconnectées (circuit ouvert) sur chacune des pales ;
  - le déclenchement de l'arrêt d'urgence désactive la boucle de régulation du système d'orientation des pales, rendant indisponible le contrôle de la vitesse de l'éolienne ;
- la fiabilité des batteries : leur durée de vie est inférieure à celle annoncée par le fournisseur et donc la plupart des batteries étaient en défaut au moment du déclenchement de l'arrêt d'urgence ;
- le paramétrage et la gestion des alarmes : tentatives de redémarrage automatique toutes les 5 minutes après un arrêt sur alarme. La détection des tensions basses n'a été effective que sur une pale sur trois ;

- la gestion de la maintenance et de l'usure des batteries : les procédures n'ont pas été appliquées de manière correcte et les multiples alarmes sur l'aérogénérateur impliqué n'ont pas donné lieu à une analyse particulière des batteries.

L'exploitant s'engage à prendre les mesures suivantes avant redémarrage de ses installations :

- remplacement des batteries par des batteries neuves et étude du fonctionnement et de la durée de vie des batteries avant une période d'utilisation d'un an ;
- installation de diodes de by-pass sur les batteries afin de palier un ou plusieurs défauts sur un rack ;
- modification de la procédure de redémarrage automatique après une alarme sur le système d'orientation des pales. Cette modification impose le passage d'un technicien sur site afin de vérifier si l'éolienne peut être remise en service ;
- vérification mensuelle de l'arrêt d'urgence par test sur site des arrêt normaux et d'urgence des 3 pales.

CHUTE DE TROIS AÉROFREINS DANS UNE PARC ÉOLIEN

N° 52653 - 18/11/2018 - FRANCE - 11 - CONILHAC-CORBIERES

D35.11 - Production d'électricité

Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât. L'équipe technique constate l'incident en se rendant sur site le lendemain en raison de l'arrêt de l'aérogénérateur. L'installation est mise en sécurité. Les débris, contenus dans un rayon de 150 m au pied du mât, sont ramassés et stockés avant traitement et recyclage en filaire agréée.

L'éolienne s'est arrêtée à la suite de l'ouverture de la chaîne de sécurité. La rupture des parties en fibre de verre ainsi que de l'axe en carbone de fixation de l'aérofrein est constatée.

Un accident similaire est survenu sur ce parc au début 2018 (ARIA 51122).

CHUTE D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 52638 - 19/11/2018 - FRANCE - 02 - OLLEZY

D35.11 - Production d'électricité

À 11h30, un agent de surveillance d'un parc éolien constate la rupture d'une pale d'une éolienne. Des 40 m de l'équipement, les 30 derniers sont tombés au sol. L'exploitant arrête les 9 aérogénérateurs du site. Les communes environnantes sont prévenues. La zone est sécurisée et un balisage du pied de la turbine et de la pale au sol est mis en place. Le site est placé sous surveillance.

Les 8 autres éoliennes du parc, mises en exploitation l'année précédente, redémarrent un mois et demi plus tard.

2019 – 19 accidents et incidents recensés

INCENDIE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 52838 - 03/01/2019 - FRANCE - 44 - LA LIMOUZINIERE

D35.11 - Production d'électricité

Vers minuit, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne de 78 m de haut. Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête les 4 autres éoliennes du parc à 2h05. De nombreux débris enflammés tombent au sol. Un feu se déclare au pied de l'aérogénérateur. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 150 m. Ils quittent le site à l'arrivée des équipes de l'exploitant vers 3h30. Celles-ci mettent en place un kit anti-pollution, des coulures d'huile étant visibles le long du mât. La nacelle de l'éolienne est détruite ainsi que le base des 3 pales. Une incertitude majeure plane sur leur tenue mécanique. Des traces d'huile hydraulique sont présentes jusqu'à 100 m du pied du mât.

L'exploitant met en place un balisage et un gardiennage. Le périmètre de sécurité est porté à 200 m. L'exploitant envisage de démanteler la machine mais l'opération s'avère compliquée en raison du risque de chute d'éléments. Début février, l'essentiel des déchets de fibre de verre sont ramassés.

Selon les premiers éléments de l'enquête, une avarie sur la génératrice de l'éolienne semble à l'origine de l'incendie. Celle-ci avait été bridée à 50 % de sa puissance depuis une quinzaine de jours à la suite de la détection d'une usure de roulement par le système de surveillance vibratoire. Une intervention de maintenance, effectuée le 28/12, avait mis fin à ces vibrations caractéristiques d'un défaut de roulement. Cependant, des signes de délignage avaient fait leur apparition. Selon l'exploitant, l'analyse du système de surveillance mettrait en évidence un phénomène harmonique à la fréquence de rotation de la génératrice.

CHUTE D'UNE PALE D'ÉOLIENNES

N° 52967 - 17/01/2019 - FRANCE - 57 - BAMBIDERSTROFF

D35.11 - Production d'électricité

Vers 15 h dans un parc éolien, une pale d'éolienne se rompt. 2 morceaux chutent au sol, l'un de 5 m (coque) et l'autre de 28 m (fibre de verre). Ce dernier est projeté à 100 m de l'éolienne. L'exploitant arrête les 5 autres aérogénérateurs du parc à 15h17. Il met en place un périmètre de sécurité et ramasse la totalité des débris.

Selon les premièrs éléments d'analyse, un défaut d'adhérence (manque de matière) entre la coque en fibre de verre et le cœur de la pale serait à l'origine de cette rupture.

INCENDIES CRIMINELS DANS UN PARC ÉOLIEN

N° 52993 - 20/01/2019 - FRANCE - 26 - ROUSSAS

D35.11 - Production d'électricité

Dans la nuit, un feu se déclare sur 2 éoliennes d'un parc composé de 12 aérogénérateurs. Les éoliennes sont lourdement endommagées. D'après la presse, il s'agit d'un acte criminel. Un accident similaire était survenu en juin 2018, dans un parc éolien proche appartenant au même exploitant (ARIA 51675).

RUPTURE DU MÂT D'UNE ÉOLIENNE

N° 53010 - 23/01/2019 - FRANCE - 60 - BOUTAVENT

D35.11 - Production d'électricité

À 13h25, une coupure du réseau public de distribution d'électricité provoque un ordre d'arrêt du parc éolien comptant deux éoliennes. L'une s'arrête conformément aux procédures de sécurité, tandis que l'autre entre en survitesse. Les pales de cette éolienne, qui ne sont plus ralenties du fait de l'arrêt du générateur, restent en position de production, alors qu'elles auraient dû effectuer une rotation de 90° pour se positionner en drapeau. La survitesse durant 40 minutes entraînent le délaminage d'une pale (cisaillement longitudinal dans l'épaisseur). Le balourd en résultant entraîne le pliage en deux du mât de 66 m vers 14h40.

Des débris sont projetés dans un rayon de 300 m. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 500 m.

La mise en repli d'une éolienne est permise par la rotation des pales à 90° sur elle-même. La rotation d'une seule pale est suffisante pour mettre à l'arrêt l'éolienne. Un moteur à la base de chaque pale dans le rotor commande la rotation. En cas de perte d'alimentation électrique, un jeu de 18 batteries au plomb, raccordées en série pour chaque pale, alimente ces moteurs. Les jeux sont autonomes. Les contrôles réalisés a posteriori sur les batteries révèlent que :

- les batteries chargées ne disposaient pas de la puissance nécessaire (charge disponible de 43 Ah pour une charge théorique de 129,6 Ah). Le test recommandé par le constructeur et réalisé jusqu'alors par l'exploitant était de mesurer la tension aux bornes des jeux de batteries sans appel de puissance. Il n'était donc pas mesurer la capacité de l'élément batterie à délivrer le courant attendu ;
- la durée de vie limite des batteries était dépassée : l'exploitant avait considéré la durée de vie constructeur de 10 ans à 20 °C alors que la température dans chaque coffret des batteries pouvait atteindre 27 °C. La durée de vie à 25 °C est de 6 ans. De plus les batteries, bien que mises en service en 2011 avaient été fabriquées en 2006;
- le seuil d'alarme tension basse à 150 V était fixé trop bas. Aucune alarme ne s'est déclenchée lors de l'événement. A posteriori, des essais en réel ont conclu qu'à un niveau de tension de 175 V, la commande de rotation des pales est moins efficace (délai plus long), alors qu'à 150 V, la mise en repli n'est plus opérationnelle.

L'exploitant prend les dispositions suivantes sur l'ensemble des 21 autres éoliennes de même modèle en France. Selon lui, il serait le seul à exploiter ce type d'éolienne en France :

- vérification annuelle de la tension à l'aide d'un vérificateur en charge, suivi d'un arrêt d'urgence ;
- remplacement des batteries afin qu'un jeu ne soit pas en activité plus de 4 ans ;
- remontée du seuil d'alarme tension basse à 200 V ;
- vérification annuelle du déclenchement d'alarme par retrait de 2 des 18 batteries d'un jeu. L'alarme était précédemment vérifiée par débranchement du jeu.

CHUTE D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 53139 - 30/01/2019 - FRANCE - 11 - ROQUETAILLADE -ET-CONILHAC

D35.11 - Production d'électricité

Vers 13 h, 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. L'exploitant arrête les 6 autres éoliennes de même technologie du parc. À la demande de l'inspection des installations classées, les 22 autres éoliennes du parc sont arrêtées 5 jours plus tard. Un arrêté préfectoral d'urgence soumet leur redémarrage à l'accord de l'inspection des installations classées.

L'exploitant ne constate pas de dommage structurel sur le reste de l'éolienne. Le mat est intact, ainsi que les fondations. Certaines des vis retrouvées au sol présentent des ruptures franches, des éléments distinctifs de fatigue et des traces de corrosion. Cette corrosion pourrait avoir été engendrée par une précharge insuffisante lors du serrage.

Le parc éolien a connu une série d'événements similaires affectant 4 éoliennes de technologies différentes de celle objet du résumé :

- 2011 : des vis de fixation entre la bague extérieure du roulement et le moyeu sont retrouvées au sol. L'éolienne est mise à l'arrêt durant 4 mois pour procéder au remplacement du roulement de pale et des vis ;
- 2013 (ARIA 43576) : chute d'une pale et constat de la rupture des vis de la bague extérieure du roulement de pale et desserrage de plusieurs vis ;
- 2015 (ARIA 53862) : chute d'une pale d'une éolienne. À la suite de l'accident de 2013, toutes les vis incriminées avaient été changées. Cependant, lors d'un contrôle de serrage après un mois de fonctionnement avec ces mêmes vis, il avait été noté une faible tension de serrage des vis. Une fatigue a pu être initiée et conduire à la rupture 2 ans plus tard. Toutes les vis des éoliennes du parc de même technologie sont alors remplacées par des vis monitorées permettant un suivi trimestriel du serrage par ultrason.

Au regard de cet historique l'exploitant met en œuvre le plan d'action suivant :

- réalisation d'une campagne de contrôle visuel des marquages de l'ensemble des vis de chaque pale des 6 éoliennes de même modèle que celle dont la pale a chuté en 2019, afin d'identifier rapidement d'éventuel défaut de serrage sur les autres pales;
- réalisation d'une expertise métallurgique des vis de l'éolienne sinistrée;
- remplacement total et à neuf de l'ensemble des vis de chaque pale des 6 éoliennes;
- modification de la périodicité du contrôle de serrage à 3 mois, 6 mois et 12 mois.

FISSURATIONS SUR DES ROULEMENTS DE PALES D'ÉOLIENNES

N° 53562 - 12/02/2019 - FRANCE - 25 - AUTECHAUX

D35.11 - Production d'électricité

À la suite d'une fissuration constatée sur une bague extérieure de roulement de pale d'une éolienne d'un parc éolien de même technologie hors de France, l'exploitant réalise des inspections de cette pièce sur 3 de ses parcs éoliens comprenant 43 éoliennes.

Ces contrôles mettent en évidence 6 fissurations sur des roulements de pale, positionnés entre la base de la pale et le moyeu. Ces roulements permettent la rotation de la pale sur elle-même pour les orienter face au vent et lancer, ajuster ou stopper la production. Les 6 fissures sont précisément localisées au niveau des goupilles coniques et trous de remplissage du roulement utilisés lors de l'assemblage des billes de roulement pendant la fabrication de la pièce. 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).

Pour ces 6 éoliennes, le constructeur a prévu de déposer le rotor afin de remplacer les roulements par des roulements neufs. Dans l'attente de pouvoir réaliser ces remplacements, l'exploitant réalisera une inspection visuelle toutes les 2 semaines afin de vérifier si l'épaisseur de la fissuration reste inférieure à 3 mm et si le couple de serrage des goujons est toujours bon. Il mettra également en place une plaque de renfort stabilisatrice destinée à réduire les contraintes au niveau de la bague extérieure, centrée sur les goupilles coniques et trous de remplissage et s'étendant sur 16 goujons des bagues. La même plaque de renfort stabilisatrice sera mise en place sur l'ensemble des éoliennes des 3 parcs, qu'une fissure ait été détectée ou non lors de ces contrôles. Ces plaques constituent une réparation définitive et sont vouées à rester durant la vie de l'éolienne.

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.

FUITE D'HUILE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 53464 - 23/03/2019 - FRANCE - 79 - ARGENTONNAY

D35.11 - Production d'électricité

À 19h37, une fuite d'huile se produit depuis le multiplicateur au niveau de la nacelle d'une éolienne. L'éolienne se met automatiquement à l'arrêt à la suite d'une défaillance au niveau d'un composant tournant du multiplicateur. La majorité de l'huile est contenue dans la partie basse de la nacelle. Le reste s'écoule par débordement le long du mat par l'extérieur jusqu'au socle en béton au pied de l'éolienne.

Le lendemain à partir de 10 h, l'exploitant intervient au niveau :

- du multiplicateur pour éviter tout risque d'écoulement supplémentaire ;
- de la nacelle pour pomper l'huile contenue ;
- du pied de la fondation afin de déposer des absorbants pour éviter une pollution au-delà du socle béton ;

Sur les 450 l d'huile mécanique présents dans le multiplicateur :

- 230 l étaient contenus dans les compartiments étanches du multiplicateur ;
- 120 l ont été récupérés par l'exploitant directement depuis le compartiment fuyard du multiplicateur ;
- 100 l étaient dans le fond de la nacelle. 10 à 20 l ont débordé le long du mat en face extérieure ;
- 5 à 10 l ont été absorbés en pied de mat par l'exploitant ;
- 1 à 2 l ont débordé sur la végétation jouxtant la plate-forme.

L'exploitant stocke l'huile absorbée dans des bidon pour rétention dans l'attente d'une prise en charge pour évacuation par une société agréée. L'intérieur de la nacelle et le mat sont nettoyés. La terre végétale entourant le socle du mat et potentiellement polluée par l'huile est retirée.

La rupture d'un composant tournant du multiplicateur est à l'origine de l'incident. Un plan d'intervention pour le remplacement du multiplicateur est mis en place. Son démontage en atelier devrait permettre de découvrir les causes de la rupture du composant.

ÉOLIENNE TOUCHÉE PAR LA FOUDRE

N° 53429 - 02/04/2019 - FRANCE - 80 - EQUANCOURT

D35.11 - Production d'électricité

Dans l'après-midi, lors d'un épisode orageux, la foudre touche une des 12 éoliennes d'un parc éolien. Un élu constate une trace noire sur une des pales de la machine. Il alerte le gestionnaire du site. Après constat sur place, l'éolienne est arrêtée à distance à 18h30. Une équipe technique, arrivée sur place à 20h37, place les pales en drapeau et positionne la pale impactée vers le bas, le long du mât, pour éviter tout risque complémentaire. La zone au pied de l'éolienne est balisée pour prévenir tout risque d'accident.

L'impact de foudre a endommagé le revêtement de la pale, proche de la base, sur 5 000 cm².

Le lendemain matin, un expert de la société de fabrication et maintenance de l'éolienne inspecte l'équipement et la pale endommagée. Il estime qu'il n'y a pas de risque d'aggravation des dégâts ni de chute de composants tant que l'éolienne reste à l'arrêt avec les pales mises en drapeau. Une autre inspection les jours suivants permet de confirmer qu'aucune autre des éoliennes n'a été touchée par la foudre. La pale est déposée pour la réparer.

ÉLECTRISATION LORS DE LA MAINTENANCE D'UNE ÉOLIENNE

N° 53479 - 15/04/2019 - FRANCE - 21 - CHAILLY-SUR-ARMANCON

D35.11 - Production d'électricité

Vers 12h15, un sous-traitant est électrisé par un courant de 20 000 V dans une éolienne. Les pompiers interviennent sur les lieux. Un technicien effectue des reconnaissances au sommet de l'éolienne afin de vérifier si celle-ci est endommagée. L'éolienne est sécurisée par le personnel de maintenance. La victime est légèrement blessée. Elle est transportée en centre hospitalier.

INCENDIE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 53857 - 18/06/2019 - FRANCE - 80 - QUESNOY-SUR-AIRAINES

D35.11 - Production d'électricité

Vers 17 h, un feu se déclare sur une éolienne située dans un parc éolien qui en compte 5. Les équipes de maintenance du site maîtrisent l'incendie. Les pompiers alertés par le parc éolien réalisent des contrôles thermiques pour confirmer l'extinction. Le lendemain, des pièces déposées au pied de l'éolienne à la suite de l'incendie sont dérobées.

D'après la presse, un court-circuit sur un condensateur est à l'origine du sinistre.

FEU DE MOTEUR D'ÉOLIENNE

N° 53860 - 25/06/2019 - FRANCE - 56 - AMBON

D35.11 - Production d'électricité

Vers 15h45, 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 de cette éolienne dans un parc mis en service en 2008 comportant 6 machines de 120 m pour une puissance totale de 10,02 MW. Voyant des étincelles, les techniciens alertent les secours. Un périmètre de sécurité de 200 m est mis en place. Le parc est mis à l'arrêt. Des éléments structurels de l'éolienne chutent au sol. L'incendie est maîtrisé vers 18h50. Les macroéléments de plastique et de fibre de verre issus de la coque de la nacelle son collectés. Les terres ayant reçues des débris calcinés sont évacuées.

L'opération de maintenance intervient à la suite d'une remontée d'alarme concernant le blocage des freins d'orientation de la nacelle. Ce système permet de maintenir l'éolienne dans une position fixe face au vent lors de son fonctionnement en mode automatique. Les techniciens tentent d'utiliser le mode manuel pour débloquer les freins, sans y parvenir. Ils suspectent la panne d'une carte d'acquisition des signaux de commande manuelle du système d'orientation. Ils remplacent cette carte et constatent que le système de freinage est activé mais seulement en mouvement intermittent (ouverture/fermeture). Ils suspectent alors un relais de l'armoire hydraulique et le remplace par un relais identique de l'armoire de commande. Cette action de remplacement et vérification n'est spécifiée dans une aucune procédure. Ce relais de l'armoire de commande est un organe de commande du contacteur principal de couplage du stator de la génératrice. Lorsque le rotor de l'éolienne est à l'arrêt, ce contacteur ne doit en aucun cas être fermé car la tension de la génératrice est nulle et non synchronisée au réseau d'alimentation 690 V. Lorsque les techniciens remettent sous tension le système, le signal de fermeture du contacteur dans l'armoire de puissance est donné par le relais défectueux. Des arcs électriques avec un bruit élevé sur le convertisseur et de fortes vibrations au niveau du rotor apparaissent. Les techniciens évacuent l'éolienne par les issues de secours de la tour.

L'exploitant et la société de maintenance diffuse une procédure de sécurité pour rappeler à ses intervenants les mesures de précaution à prendre lors du dépannage de l'armoire de commande, pour détecter les relais défectueux et empêcher la fermeture du contacteur principal du couplage du stator de la génératrice lorsque l'éolienne est arrêtée.

CHUTE D'UN BOUT DE PALE D'UNE ÉOLIENNE

N° 53894 - 27/06/2019 - FRANCE - 02 - CHARLY-SUR-MARNE

D35.11 - Production d'électricité

Vers 9 h, deux techniciens intervenant sur une éolienne pour maintenance constatent qu'une pale d'une autre éolienne présente un angle anormal. Ils demandent au centre de maintenance l'arrêt à distance de cette éolienne. Vers 9h30, lors de la mise à l'arrêt, le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m de l'éolienne, l'autre à 100 m dans l'enceinte du parc éolien. Chaque morceau correspond à une face de la pale. À la demande des techniciens, l'éolienne est arrêtée à distance.

Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place autour de l'éolienne. L'exploitant arrête l'ensemble des éoliennes du parc. Un arrêté municipal interdit, dès le lendemain, l'accès à l'ensemble du parc éolien pour une durée indéterminée. La vitesse du vent au moment du détachement était comprise entre 6 et 7 m/s. La température extérieure était de 22 °C sachant que de très fortes chaleurs sévissaient pendant la période.

En septembre 2016, les pales de l'éolienne avaient été inspectées. Des reprises de peinture et la réparation d'une fissure avaient été réalisées. Ces défauts avaient été classés comme mineurs. En octobre 2018, une inspection visuelle n'avait révélé aucun défaut.

Après expertise de la pale, il est constaté un contact inadéquat de la coque côté extrados et des bords avec l'adhésif du longeron. L'exploitant inspecte l'ensemble des pales du parc éolien en tapant sur chaque pale avec un objet métallique afin de détecter d'éventuelles différences de vibration sur la coque côté extrados sur toute la longueur de

pale. Une inspection visuelle ainsi qu'un contrôle du chemin d'évacuation de la foudre de chaque pale sont également réalisées. Aucune autre pale ne présente de défaillance.

IMPACT DE FOUDRE SUR UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 53955 - 03/07/2019 - FRANCE - 11 - SIGEAN

D35.11 - Production d'électricité



À 18 h, une éolienne d'un parc s'arrête automatiquement à la suite d'une alarme vibration provoquée par un impact de foudre. Le lendemain, à 10 h, l'exploitant constate un impact sur le milieu de la pale et une ouverture du bout de pale sur 2 m. L'exploitant découpe l'extrémité de la pale endommagée pour éviter sa rupture complète. Le morceau de pale est stocké en vue d'une expertise. La machine est à l'arrêt et le rotor en position de sécurité.

CHUTE D'AÉROFREINS EN BOUT DE PALE D'UNE ÉOLIENNE

N° 54407 - 04/09/2019 - FRANCE - 11 - ESCALES

D35.11 - Production d'électricité



À 19h38, l'arrêt d'urgence d'une éolienne se déclenche sans cause identifiée. L'arrêt de l'éolienne est anormalement brutal si bien que deux aérofreins se détachent d'une des pales de l'éolienne, l'un étant retrouvé à 5 m du pied de l'éolienne, l'autre à 65 m.

L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble des éoliennes du parc. Le rotor de l'éolienne incriminée est bloqué mécaniquement. Un périmètre de sécurité de 20 m est mis en place. Les débris ramassés sont envoyés vers une filière de recyclage agréée.

CHUTE DU CAPOT DE LA NACELLE D'UNE ÉOLIENNE

N° 54761 - 28/11/2019 - FRANCE - 80 - HANGEST-EN-SANTERRE

D35.11 - Production d'électricité



Dans un parc éolien, le capot se situant à l'extrémité de la nacelle d'une éolienne se décroche et tombe au sol. L'éolienne concernée ainsi que l'ensemble du parc sont mis à l'arrêt. L'exploitant et l'opérateur de maintenance inspectent l'éolienne et l'ensemble du parc.

PERTE DE CONTRÔLE D'UNE ÉOLIENNE LORS D'UNE MISE EN SERVICE

N° 54898 - 06/12/2019 - FRANCE - 21 - AVELANGES

D35.11 - Production d'électricité



Vers 15 h, alors qu'une équipe d'installation réalise un travail d'étiquetage sur une éolienne, cette dernière commence à tourner malgré l'absence de raccordement électrique. L'équipe évacue en urgence par l'échelle. Les secours mettent en place un périmètre de sécurité de 800 m autour de l'équipement. Les gendarmes stoppent la circulation sur la route voisine. Les conditions climatiques, vent violent, empêchent l'équipe d'intervenir pour mettre en sécurité la machine. Le lendemain vers 11 h, l'équipe bloque le rotor et remet les pales en position de sécurité.

L'incident se produit au cours de la préparation à la mise en service de l'éolienne. La mise en mouvement non contrôlée est due à une erreur de positionnement des angles des pales la veille de l'accident à 18 h et à la présence de vent violent.

L'exploitant renforce la procédure de positionnement des pales avec un contrôle extérieur obligatoire malgré le brouillard ou l'obscurité.

CHUTE D'UNE PARTIE DE LA PALE D'UNE ÉOLIENNE

N° 54810 - 09/12/2019 - FRANCE - 16 - LA FORET-DE-TESSE

D35.11 - Production d'électricité



À 18 h, un riverain constate la chute d'un bout de pale d'environ 7 m d'une des 12 éoliennes du parc. L'éolienne concernée s'arrête. L'exploitant met en sécuritéo les 11 autres éoliennes. Un périmètre de sécurité de 150 m et une surveillance sont mis en place pour interdire l'accès au public.

La pale s'est brisée en 3 morceaux principaux (2 points de rupture à environ 16,5 m et 47 m de la racine de la pale). Des débris solides (fibres de verre, fibres de carbone, PVC) ont été projetés sur 2 parcelles agricoles aux alentours. Un morceau de 30 m initialement resté accroché à la racine de la pale tombe 48h plus tard suite aux forts vents. Le ramassage des débris ainsi que le bâchage des 2 plus gros morceaux de pale au sol afin d'éviter l'éparpillement de nouveaux débris sont réalisés.

L'exploitant recherche les causes de cette rupture sachant qu'aucun emballement du rotor n'a été détecté dans les secondes qui ont précédé l'incident. Le lot de fabrication de la pale sinistrée est identifié par le constructeur. Les contrôles réalisés le lendemain du sinistre sur l'ensemble des 11 autres éoliennes n'identifient pas de dommage, d'imperfection ou de trace de foudroiement.

La dernière inspection du constructeur réalisée par drone 8 mois plus tôt n'avait révélé aucun défaut.

FUMÉE BLANCHE AU NIVEAU D'UNE ÉOLIENNE

N° 54985 - 16/12/2019 - FRANCE - 28 - POINVILLE

D35.11 - Production d'électricité



Vers 12h30, un feu sans flamme se déclare sur une éolienne d'un parc éolien. À 13h10, de la fumée blanche est constatée. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité et surveillent l'équipement. À 15h54, il n'y a plus de fumée, les pompiers inspectent la machine en pied et quittent le site vers 17 h.

Aucune destruction extérieure, chute d'élément ou fuite de fluide n'est à déplorer. Seules les gaines protectrices des câbles de puissance ont brûlé sur 10 m de long. L'expert en assurance suppose une combustion sans flamme et estime la température atteinte en nacelle en dessous de 100 °C.

L'exploitant inspecte toutes les autres éoliennes du même type. Il transmet l'information au fabricant et à la filière.

INCENDIE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 54820 - 17/12/2019 - FRANCE - 52 - AMBONVILLE

D35.11 - Production d'électricité



À 14h20, un feu se déclare en partie basse d'une éolienne. Les pompiers interviennent à l'aide d'un extincteur à poudre. L'origine du départ de feu serait liée à une défaillance électrique.

2020 – 13 accidents et incidents recensés

CHUTE D'UN JOINT DE PALE D'UNE ÉOLIENNE

N° 55331 - 22/01/2020 - FRANCE - 21 - SAINT-SEINE-L'ABBAYE

D35.11 - Production d'électricité

Au cours d'une patrouille de routine à 11 h, un gendarme trouve un joint de pale au pied d'une éolienne. Il contacte l'exploitant par le numéro d'urgence. L'entreprise de maintenance se rend sur place pour récupérer l'équipement. 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.

L'événement est causé par une défaillance du collier de serrage sous dimensionné par rapport aux contraintes dans le temps. Le joint de pale se compose de trois parties distinctes. Chaque partie est boulonnée à la plaque d'à côté afin d'englober tout le tour de la pale. L'ensemble est fixé par un collier métallique autour de la pale et des colliers auto-serrant en plastique. Le collier métallique englobant la pale a "travaillé" avec le temps et n'a plus rempli son rôle de serrage. L'exploitant précise que l'événement peut être lié aux conditions de vent élevées lors de la rupture.

L'exploitant programme une intervention pour remettre en place le joint de pale avec une nouvelle fixation et renforce l'information des techniciens sur la vérification du serrage des fixations lors des maintenances périodiques. Il améliore également le délai d'intervention lors de la détection de glissement des joints.

RUPTURE D'UNE PALE D'ÉOLIENNE LORS DU PASSAGE D'UNE TEMPÊTE

N° 55055 - 09/02/2020 - FRANCE - 02 - BEAUREVOIR

D35.11 - Production d'électricité

Dans la nuit, une pale d'une éolienne située dans un parc composée de 5 machines, se brise lors du passage de la tempête Ciara. L'exploitant se rend sur place pour sécuriser la zone. L'éolienne était à l'arrêt, pour une opération de maintenance, au moment de la tempête. L'exploitant place la pale endommagée en position basse, ôte les débris qui peuvent se détacher et met à l'arrêt les autres machines du parc. Il informe la mairie et les propriétaires fonciers de l'incident. Une inspection externe de l'ensemble des pales du parc par téléobjectifs est réalisée.

Quelques jours plus tard, l'inspection des installations classées constate la mise en place de barrières pour interdire l'accès aux différentes éoliennes du parc. Elle demande à l'exploitant de maintenir les éoliennes à l'arrêt et d'établir un périmètre de sécurité dans l'aire de survol des éoliennes jusqu'à l'identification de l'origine de la rupture. Elle préconise le démantèlement complet de la pale afin d'éviter toute chute d'éléments et la réalisation d'investigations internes des autres pales du site.

Des débris de pales en fibre de verre sont projetés dans les champs jusqu'à plusieurs centaines de mètres en raison des vents importants au moment de la rupture. Certains débris traversent une route départementale. L'exploitant mandate une société spécialisée pour collecter les différents fragments, estimés à environ 800 kg, et les envoyer dans la filière de traitement dédiée. Un traitement des sols est aussi envisagé pour s'assurer de l'absence totale de résidus.

D'après l'exploitant, les conditions météorologiques durant le week-end sont à l'origine de la rupture de la pale.

ENDOMMAGEMENT D'UNE NACELLE D'ÉOLIENNE LORS D'UNE TEMPÊTE

N° 55227 - 09/02/2020 - FRANCE - 62 - WANCOURT

D35.11 - Production d'électricité

Le lendemain du passage de la tempête Ciara, des dommages sont visibles au niveau de l'aileron de la nacelle d'une éolienne. L'exploitant sécurise l'accès au site par la mise en place d'un périmètre de sécurité. L'aileron est sanglé par les pompiers puis le lendemain par le maintenancier. L'éolienne ne redémarrera pas avant que les causes profondes de l'incident ne soient déterminées.

RUPTURE D'UNE PALE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 55311 - 26/02/2020 - FRANCE - 16 - THEIL-RABIER

D35.11 - Production d'électricité

Une pale d'éolienne se rompt sur un parc comportant 12 éoliennes. L'éolienne s'arrête en sécurité et le reste des machines du parc sont mises à l'arrêt à distance par l'exploitant. Un périmètre de sécurité est mis en place. Le morceau principal reste accroché à la base de la pale. Des fragments de fibre sont retrouvés au sol au pied de la machine.

L'exploitant fait intervenir le constructeur pour réaliser une expertise. Le lot de fabrication de la pale sinistrée est identifié par le constructeur. L'hypothèse de rupture est liée à un défaut interne de la pale.Une pale d'une autre éolienne s'est brisée sur le même site 2 mois auparavant, provoquant l'arrêt du parc pendant près d'un mois (ARIA 54810). Le contrôle visuel réalisé à la suite de cet événement sur l'ensemble du parc n'avait rien révélé sur la pale impliquée.

INCENDIE D'UNE NACELLE D'UNE ÉOLIENNE

N° 55294 - 24/03/2020 - FRANCE - 12 - FLAVIN

D35.11 - Production d'électricité

À 9h40, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. Un riverain alerte les pompiers qui préviennent l'exploitant. À 9h42, l'exploitant perd la communication avec l'éolienne. La caméra du site confirme l'incendie. Le disjoncteur est ouvert à distance. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. À 12 h, l'incendie est terminé. Les 4 autres éoliennes sont arrêtées. Dès le lendemain, l'exploitant met en place un gardiennage par une société extérieure et une surveillance permanente à distance via une caméra. Il analyse les systèmes de surveillance du fonctionnement de l'éolienne pour identifier l'origine de l'incendie et définir les mesures à mettre en œuvre. L'éolienne était en fonctionnement normal et les conditions météorologiques peu contraignantes au moment de l'incident.

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. Une route départementale est interdite à la circulation pour 2 semaines. Des pertes d'exploitation sont à prévoir. À la suite de la visite sur site de l'inspection des installations classées 3 jours après l'incendie, l'exploitant doit, pour la mise en sécurité du site :

- élargir le périmètre de sécurité et mettre en place des panneaux d'information, car le risque de chute d'éléments n'est pas écarté ;
- démonter les éléments susceptibles de chuter ;
- collecter les débris générés par l'incendie et les éliminer en filière de traitement ;
- réaliser une analyse des sols afin de caractériser un éventuel impact.

DÉGRADATION AGGRAVÉE DE LA STRUCTURE D'UNE ÉOLIENNE

N° 55584 - 31/03/2020 - FRANCE - 02 - LEHAUCOURT

D35.11 - Production d'électricité

À 14h30, à 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 met à l'arrêt l'éolienne, balise la zone et informe l'agriculteur. Une inspection visuelle et un tape-test sont réalisés depuis une nacelle élévatrice. L'exploitant prévoit de remplacer la pale.

L'arrêt de l'éolienne engendre une perte d'exploitation de 90 000 €.

La fissure est due à un défaut de collage au moment de la fabrication de la pale. Les intempéries ont aggravé cette dégradation.

Huit autres pales de ce même parc éolien sont concernées par le défaut de fabrication. L'exploitant prévoit des inspections tape-test et thermographiques sur ces pales pour évaluer le degré de gravité du défaut de collage et déterminer les réparations à effectuer. Ce plan d'actions était prévu avant la découverte de l'aggravation du défaut, mais a été retardé jusqu'au mois de mai à cause de la crise sanitaire liée à la Covid-19.

ÉCOULEMENT D'HUILE HYDRAULIQUE LE LONG D'UNE ÉOLIENNE

N° 55360 - 10/04/2020 - FRANCE - 56 - RUFFIAC

D35.11 - Production d'électricité

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'exploitant du parc est alerté. Il mandate une société spécialisée pour réaliser le nettoyage des zones affectées : la dalle béton et les sols à proximité.

La dalle est nettoyée par un lavage haute pression. Pour le traitement des terres, la société envoie un prélèvement en laboratoire pour analyses. Les terres contiennent principalement des hydrocarbures. 11.6 t de terres sont évacuées pour traitement biologique. La zone excavée est remblayée avec des graviers.

L'origine de la fuite est un défaut au niveau de l'accumulateur de l'éolienne. Une enquête est en cours par la société en charge de la maintenance, afin d'adapter les points de contrôle.

INCENDIE D'UNE ÉOLIENNE AU SOL POUR DÉMANTÈLEMENT

N° 55456 - 20/04/2020 - FRANCE - 972 - LE VAUCLIN

D35.11 - Production d'électricité

Peu avant 14 h, un feu se déclare sur le générateur d'une éolienne déposée au sol en vue de son démantèlement, programmé au 2ème trimestre 2020, dans un parc éolien comportant 4 éoliennes. Le parc est à l'arrêt depuis le début de l'année 2020. L'incendie de l'huile du transformateur électrique se propage aux broussailles à proximité. Les secours ne pouvant intervenir à cause de la présence d'électricité, un technicien de la société propriétaire de l'éolienne se rend sur place pour couper le courant électrique. Ils évitent la propagation de l'incendie aux alentours, puis éteignent l'incendie vers 16 h une fois l'installation mise hors tension.

Un court-circuit dû à un manicou (famille des marsupiaux) serait à l'origine de l'incendie. Un animal est retrouvé mort dans le tableau électrique du transformateur d'une autre éolienne.

PLIURE D'UNE ÉOLIENNE

N° 55641 - 30/04/2020 - FRANCE - 29 - PLOUARZEL

D35.11 - Production d'électricité

Une pale de 20 m de long d'une des 5 éoliennes d'un parc éolien présente une pliure. De forts craquements sont audibles à 300 m de l'éolienne. Une partie de 1,5 m chute au sol. Un technicien sur place pour une intervention constate l'avarie vers 11h20. Le responsable d'exploitation et une équipe arrêtent et mettent en sécurité les 5 éoliennes du parc. Un gardiennage 24h/24 et un périmètre de sécurité de 50 à 60 m sont mis en place. Le périmètre est renforcé par un arrêté municipal qui interdit l'accès au chemin rural. Quatre jours après le constat, l'exploitant bloque mécaniquement le rotor afin de réduire les efforts mécaniques sur les structures mobiles de l'éolienne. Les travaux de réparation de la pale endommagée nécessitent l'installation d'une plateforme pour grue. Elle est mise en place 13 jours après l'incident. L'exploitant organise des vérifications avant de pouvoir remettre en service le parc. Les mesures de sécurité doivent être maintenues tant que la pale n'est pas démontée.

La pale endommagée présente une détérioration à mi-longueur. Des traces de choc sur le mât sont visibles, 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'exploitant collecte ces déchets.

Le système de surveillance de l'éolienne n'a pas détecté les chocs de la pale sur le mât, ni de déséquilibre dans la rotation des pales. L'exploitant confirme que l'éolienne, âgée de 20 ans, n'est pas dotée de dispositif de balourd. D'après les premiers éléments d'analyse de l'exploitant, 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. L'inspection des installations classées avance l'hypothèse de coups de vents à répétition dans la zone d'implantation, dont la vitesse serait supérieure à celle à l'origine du dimensionnement de l'éolienne, et qui auraient pu avoir fatigué prématurément les pales.

L'inspection des installations classées estime que l'exploitant doit :

- investiguer les possibilités d'améliorations des systèmes de surveillance et de détections des anomalies, notamment celles qui affectent l'équilibrage de l'éolienne ;
- préciser la compatibilité du dimensionnement initial de l'éolienne avec les conditions aérauliques réelles du site d'implantation en prenant en compte le vieillissement des structures mécaniques.

FUITE D'HUILE HYDRAULIQUE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 56437 - 07/06/2020 - FRANCE - 02 - LEHAUCOURT

D35.11 - Production d'électricité

Vers 10 h, une fuite d'huile hydraulique se produit au niveau de la boite 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. L'exploitant met en place des absorbants sur le pied de la tour. Une société spécialisée dans le travail en hauteur nettoie complètement la turbine. Une société indépendante réalise une analyse les sols. La fuite est réparée.

La quantité d'huile perdue est estimée, lors de la remise à niveau après réparation, à 50 l sur les 300 l contenus dans la boîte de vitesse. La fuite est due à la rupture d'un flexible de lubrification hydraulique pour refroidissement de la boite de vitesse. L'exploitant conclut à une fragilité dans la structure même du flexible.

L'exploitant change l'ensemble des flexibles hydrauliques de la machine. L'inspection des installations classées invite l'exploitant à :

- changer les flexibles similaires sur l'ensemble du parc ;
- étudier la mise en place d'un système de rétention des écoulements accidentels en nacelle.

CHUTE AU SOL D'UNE PALE COMPLÈTE D'ÉOLIENNE

N° 55650 - 27/06/2020 - FRANCE - 22 - PLEMET

D35.11 - Production d'électricité

Un samedi, vers 10 h, une pale de 10 t se détache du rotor d'une éolienne dans un parc éolien composé de 8 machines. L'exploitant reçoit des alarmes sur son système de sécurité. Un passant alerte la gendarmerie qui sécurise la zone et interdit l'accès à l'éolienne. L'ensemble du parc est mis à l'arrêt. Sur place vers 13 h, l'exploitant poursuit la mise en

sécurité du site. Un gardiennage est mis en place à partir de 20 h pour une durée d'une semaine et poursuivi si nécessaire. L'exploitant réalise, 2 jours après la chute, une inspection visuelle par drone de l'ensemble de l'éolienne et des champs alentours.

Des débris de pale (plastique, résine, carbone, fibre de verre, bois, composite…) sont retrouvés au sol dans un rayon de 40 m. Une partie des cultures (maïs) du champ attenant a été endommagée. Une société spécialisée collecte et traite les déchets.

La pale a glissé le long des tiges métalliques qui la relient 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. Cette déviation avait été identifiée par le constructeur en 2018 sur un lot spécifique de pales identifiées par leur numéro de série. Des critères d'acceptation du défaut ont été définis et le constructeur a mis en place des contrôles réguliers par ultrasons afin de vérifier ces critères sur le lot de pales concernés. Le dernier contrôle effectué 2 mois avant l'incident, sur la pale, n'a pas mis en évidence de dégradations. L'analyse des conditions météorologiques sur le secteur du parc le jour de l'incident montre que 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.

L'inspection des installations classées prend un arrêté de mesures d'urgence afin de demander à l'exploitant, notamment, de :

- sécuriser l'accès à l'éolienne ;
- protéger la pale pour éviter l'envol de débris ;
- réaliser une cartographie des débris disséminés ;
- caractériser l'impact de la chute de la pale sur la qualité des sols.

L'exploitant remplace le set de pales de l'éolienne par un modèle de dimensions équivalentes mais de technologie différente. La remise en exploitation du parc est conditionnée à la mise en place d'un mode de fonctionnement restrictif afin de réduire les phénomènes de charge :

- arrêt des machines pour des vents supérieurs à 12 m/s ;
- pitch des pales à partir de vents à 5-6 m/s pour réduire la tension ;
- application d'un seul mode de production du bridage acoustique quel que soit la période et la vitesse de vent (mode le plus restrictif pour éviter toute émergence) ;
- inspection mensuelle des pales par ultrason.

DÉGAGEMENT DE FUMÉE EN NACELLE D'UNE ÉOLIENNE

N° 55984 - 01/08/2020 - FRANCE - 07 - ISSANLAS

D35.11 - Production d'électricité

À 15 h, des techniciens en intervention dans un parc éolien constatent un dégagement de fumée au niveau de la nacelle d'une éolienne. Ils alertent l'exploitant qui arrête l'ensemble du parc. Le gestionnaire du réseau électrique coupe le réseau HT. De la fumée est visible et des débris tombent au pied de l'éolienne. Les pompiers interviennent au sol pour éteindre des départs de feu de broussailles. La fumée s'estompe d'elle-même en 15 minutes. À 17 h, le parc éolien est relancé sauf l'éolienne impactée. L'exploitant met en place un gardiennage. Il contrôle visuellement l'ensemble des pales. Aucun dommage n'est constaté.

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 restent concentrés au niveau de la génératrice en nacelle et nécessitent des réparations. L'éolienne reste à l'arrêt pendant 7 semaines, impliquant des pertes d'exploitation.

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. Au cours du redémarrage de la machine, une combustion localisée au niveau du joint caoutchouc entre les carénages de la génératrice et les enroulements du stator a provoqué l'échauffement du carénage de protection. Après analyse, l'exploitant constate que 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.

De plus, le détecteur de fumée de l'éolienne signalait un défaut qui n'a pas été transmis au centre de contrôle, car une alarme de priorité supérieure, un défaut de terre, a été détectée avant. Ce premier défaut électrique a provoqué la mise à l'arrêt de la machine avant le dégagement de fumées. Ce dernier a été détecté par des opérateurs en intervention sur une autre machine.

Un nettoyage à la glace carbonique des suies présentes autour de la génératrice est effectué les jours suivants. L'exploitant corrige le défaut lié au détecteur de fumées et met à jour le logiciel de traitement des alarmes sur toutes les machines. L'isolation de la génératrice est renforcée. Il prévoit également de remplacer tous les joints en caoutchouc par des joints silicones avec les performances requises.

FUITE D'HUILE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 56309 - 01/09/2020 - FRANCE - 51 - BOUCHY-SAINT-GENEST

D35.11 - Production d'électricité

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. Le sous-traitant met en place un kit anti-pollution autour de la fondation extérieure pour éviter que plus de produit n'atteigne le sol. Il identifie la fuite, change le flexible en cause et fait l'appoint des niveaux d'huile. L'exploitant demande un diagnostic de pollution des sols à une entreprise spécialisée pour établir l'impact du produit. La société étudiera la nécessité de conduire des travaux de dépollution.

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.

L'exploitant planifie des simulations de cas de fuite et des sensibilisations et formations aux procédés internes afin d'éviter, et de mieux gérer les accidents et incidents environnementaux. Il s'adresse particulièrement aux sous-traitants de maintenance.

FUITE D'HUILE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 56492 - 11/12/2020 - FRANCE - 45 - CHARMONT-EN-BEAUCE

D35.11 - Production d'électricité

Une fuite d'huile se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. L'huile ruissèle le long du mât. L'alerte est donnée par une équipe de maintenance d'une société sous-traitante, en intervention sur le parc. Les intervenants montent dans la nacelle, identifient la vanne en cause et la ferment. L'éolienne est réapprovisionnée en huile puis remise en production. L'exploitant demande à ses équipes de maintenance un diagnostic de pollution des sols. Le prestataire consulté devra déterminer si des travaux de dépollution sont nécessaires.

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.

L'exploitant met en place les actions correctives suivantes :

- le retrait de la poignée de la vanne de prélèvement ;
- la mise à disposition d'un kit de récupération d'huile au centre de maintenance.

2021 – 13 accidents et incidents recensés

RUPTURE D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 56597 - 12/01/2021 - FRANCE - 36 - SAINT-GEORGES-SUR-ARNON

D35.11 - Production d'électricité

Vers 7 h, une pale d'une éolienne se disloque partiellement. A 6h50, le centre de supervision du parc éolien, situé en Allemagne, reçoit une alarme de mise en drapeau des pales à 90 °. Il transmet l'information au centre de maintenance à quelques km du parc. Le personnel se rend sur place vers 8 h. Vers 9 h, l'exploitant prévient les pompiers et met en place un périmètre de sécurité de 150 m autour du mât. L'exploitant condamne les 2 accès du chemin à proximité de la machine. Il informe les exploitants des terres agricoles proches qu'ils ne peuvent plus venir sur leurs terrains. Il arrête les 5 machines du parc. Les pompiers ramassent les débris. Un gardiennage est mis en place. Une inspection par drone est réalisée pour visualiser le risque de chute de morceaux, repérer les débris au sol et décider comment intervenir pour déposer la pale.

La pale est en position verticale, déchirée depuis la base. Des lanières de matériau pendent le long du mat. La nacelle et les 2 autres pales de l'éolienne sont endommagées. Des débris sont retrouvés au sol dans un rayon de 100 m, l'exploitant met en place une zone d'exclusion. Plusieurs composants sont soumis aux intempéries. 10 jours après l'incident, un épisode de fort vent fait à nouveau chuter des éléments au sol, l'exploitant étend la zone d'exclusion à 200 m. Deux mois après l'incident, à la suite de l'évaluation de la stabilité de l'éolienne, l'exploitant accède à l'éolienne pour retirer les éléments instables. Début avril, l'ensemble des débris sont mis en conteneurs sur le site. Début juillet, les deux pales restantes et le moyeu de l'éolienne sont démontés.

L'exploitant signale que, lors du contrôle des pales par drone en août et novembre 2020, des défauts superficiels de revêtement ont été relevés, selon lui, ces défauts sont classiques pour des pales de 11 ans.

Lors de l'incident, l'éolienne était soumise à des vitesses de vent (entre 10 et 15 m/s) qui nécessitent une régulation de la puissance produite par le système d'orientation des pales (pitch contrôle). Pour les 3 pales simultanément, ce système est inopérant, l'éolienne entre alors en survitesse. Le système de frein aérodynamique se déclenche mais le pitch contrôle ne réagit pas. L'éolienne continue de tourner à grande vitesse jusqu'à la rupture de la pale, aux alentours de 6 h, entraînant l'arrêt de la machine. Le moteur du pitch control n'a pas reçu l'ordre de l'automate car le convertisseur situé en amont a été "gelé" par protection contre des surintensités. Ce mode est lié à une erreur de programmation du logiciel de commande des convertisseurs. Le moyeu est envoyé en expertise en Allemagne.

Les autres éoliennes du parc redémarrent 1 mois après l'incident avec la mise à jour du logiciel et la mise en place d'un protocole de surveillance.

La mise à jour logiciel est effectuée sur 240 éoliennes en France. Le responsable de la maintenance de l'éolienne informe les exploitants des parcs équipés de turbines pouvant être concernées par le défaut.

CASSE D'UNE PALE D'UNE ÉOLIENNE

N° 56765 - 12/02/2021 - FRANCE - 02 - PRIEZ

D35.11 - Production d'électricité

Vers 8 h, la pale d'une éolienne se casse. L'alerte est donnée à l'exploitant par la mairie. Vers 9h15, les équipes de maintenance arrêtent l'ensemble des éoliennes du parc à distance. Sur place à 10h30, elles établissent un périmètre de sécurité de 150 m autour de l'éolienne. Un agent de sécurité surveille l'accès au site. Les débris de pales sont retirés. L'ensemble du parc est à l'arrêt.

La casse est due à un défaut de réparation au niveau du bord de fuite (trou). La réparation a été effectuée par un technicien à l'issue de la fabrication. Aucun système instrumenté de sécurité n'a détecté la rupture de pale pouvant entraîner l'arrêt de la machine en sécurité.

Des cordistes effectuent des contrôles visuels à l'aide de drones et de nacelles. L'exploitant détecte des défauts similaires sur 3 autres pales du parc. L'inspection des installations classées conditionne le redémarrage du parc, notamment, à l'analyse des causes de l'incident et à l'assurance du bon fonctionnement des systèmes instrumentés de sécurité.

Le parc éolien a déjà fait l'objet d'une rupture de pale sur une autre éolienne en 2017, lors de la mise en service du parc, à la suite d'un impact de foudre (ARIA 50148).

CHUTE D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 56753 - 13/02/2021 - FRANCE - 45 - PATAY

D35.11 - Production d'électricité

Un samedi matin, vers 8 h, une pale se détache d'une éolienne dans un parc éolien. L'exploitant reçoit une alerte de panne d'orientation de la nacelle mettant à l'arrêt la machine vers 11 h. Vers 12 h, une équipe d'intervention constate l'arrachement de fibres de verre sur le bord de fuite de l'une des 3 pales de la machine. Des techniciens mettent les pales en drapeau et placent la pale défectueuse vers le bas. Le rotor est bloqué mécaniquement. L'exploitant sécurise la zone, notamment par un balisage et la suppression du risque de chute d'éléments. Il arrête les autres éoliennes du parc.

Des lames de fibres de verre sont retrouvées à 30 m de la machine et des fragments jusqu'à 150 m. L'exploitant regroupe l'ensemble des débris dans un conteneur dédié avant passage de l'expert et la prise en charge par une société capable de recycler les composants et non de les incinérer.

A la suite d'une analyse de l'état de la pale, un tiers-expert constate un défaut de collage, soit au niveau de la répartition de la colle, soit au niveau de la qualité de la colle. Il recommande une inspection physique des pales sous 6 mois. Les indices précurseurs de fragilisation n'ont pas été détectés lors de la maintenance de contrôle. Il s'agirait d'une cinétique lente de rupture. L'exploitant constate une insuffisance des détecteurs, notamment de balourds et d'inclinaison, équipant la machine. En effet, aucun système de supervision à distance de l'éolienne n'a pu confirmer la chute de la pale. L'événement a été constaté sur place après plusieurs heures.

L'exploitant lance des opérations de réparations des défauts visibles en surface des autres pales et une thermographie de l'ensemble des pales. L'inspection des installations classées conditionne le redémarrage de l'éolienne impliquée à la détermination des causes de l'incident et celui des autres éoliennes à un contrôle renforcé de l'état des pales. L'éolienne est remise en service 4 mois plus tard à la suite du remplacement de la pale et de la réalisation des tests de sécurité. L'exploitant s'engage à mettre en place des détecteurs complémentaires permettant d'identifier ce type de casse sous 6 mois et effectue des contrôles de proximité par drone renforcé dans l'attente.

INCENDIE DANS LE LOCAL BASE VIE D'UN PARC ÉOLIEN

N° 57040 - 17/02/2021 - FRANCE - 974 - SAINTE-ROSE

D35.11 - Production d'électricité

Vers 23h30, un feu se déclare dans le local base vie d'un parc éolien. Les pompiers interviennent. Un déversement d'huile et de graisse (6 m³) est visible sur 20 m devant le local. L'accès à la zone est interdit. L'exploitant met en arrêt sécurité le parc éolien et déploie des kits anti-pollution. Une semaine après l'incident, la zone est dépolluée et le parc est remis en service. Une entreprise de dépollution enlève et traite les terres polluées.

Après une inspection par le mainteneur de l'éolienne la plus proche de la base vie, il a été constaté qu'une partie du câble de basculement de l'éolienne a été impactée par l'incendie.

L'exploitant prévoit conjointement avec son mainteneur le démantèlement du bâtiment ainsi que l'installation d'une nouvelle base vie équipée d'un système de détection incendie.

DÉVERSEMENT D'HUILE DANS UN PARC ÉOLIEN

N° 58348 - 30/08/2021 - FRANCE - 56 - MOREAC

D35.11 - Production d'électricité

Dans un parc éolien, à 22h17, une éolienne s'arrête à la suite d'une panne. Le lendemain, à 9h35, une équipe de techniciens se déplace pour constater la panne observe une fuite d'huile en sortie de nacelle sur la tour extérieure. Un flexible est rompu. Les techniciens le remplacent et nettoient l'intérieur de la nacelle. Une ceinture absorbante est mise en place en pied de la tour. 40 l d'huile de la boîte de vitesse se sont déversés au sol. Une semaine plus tard, une entreprise effectue un diagnostic de pollution des sols autour de l'éolienne.

Le diagnostic de pollution détecte la présence d'huile sur la parcelle collée à l'éolienne. Une entreprise de dépollution du sol intervient pour enlever la couche de terre présentant des traces d'huile. Un nouveau diagnostic est réalisé et plus aucune trace d'huile n'est relevée.

La fuite est due à la rupture d'un flexible. Le jour de l'événement, un câble collé au flexible a été changé, une possible dégradation immédiate a pu se produire à cause de la vétusté.

À la suite de l'événement, l'exploitant entreprend de changer l'ensemble de ces flexibles usés sur toutes les autres turbines. De plus une communication de l'événement est effectuée auprès du personnel de maintenance.

DÉFAUT SUR UN ROTOR D'ÉOLIENNE

N° 58012 - 14/09/2021 - FRANCE - 11 - TREILLES

D35.11 - Production d'électricité

Une défaillance dans le mécanisme du rotor d'une éolienne (boîte de vitesse) provoque un blocage de ce dernier. La machine est orientée face au vent. L'aérogénérateur est arrêté. Dans l'attente du démontage complet du rotor et en raison d'un risque de déséquilibre susceptible d'entraîner la chute de toute ou partie de l'éolienne, un balisage est mis en place et l'accès est interdit. La boîte de vitesse est sanglée pour éviter qu'elle ne s'ouvre davantage. Le rotor doit être déposé sous 2 mois.

FUITE D'HUILE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 58381 - 12/10/2021 - FRANCE - 51 - BETHENIVILLE

D35.11 - Production d'électricité

Lors d'une intervention sur la turbine d'un parc éolien, les techniciens constatent une fuite d'huile localisée dans le hub. Des traces d'huile sont présentes en nacelle, dans le hub, le long du mât et sur une partie en béton de la fondation. L'équipe déploie le kit de dépollution, présent sur site, avec la pose de boudins absorbants et de feuilles absorbantes autour du mat de l'éolienne.

Une perte de 20 l d'huile est enregistrée. Les boudins et feuilles absorbantes du kit anti-pollution utilisés sont traités par une entreprise agréée.

Un joint défectueux sur un distributeur qui a causé la fuite du fluide hydraulique.

À la suite de l'événement, l'exploitant remplace le kit de dépollution sur l'installation.

FUITE D'HUILE DANS UN PARC ÉOLIEN

N° 58292 - 18/10/2021 - FRANCE - 80 - MONTAGNE-FAYEL

D35.11 - Production d'électricité

Une fuite d'huile, provenant d'un parc éolien, est constatée par un agriculteur sur une parcelle agricole. Des petites projections d'huile sont visibles. La quantité d'huile perdue est estimée à 20 litres (à plus ou moins 50 %). La date du début de la fuite n'est pas déterminée mais celle-ci n'était pas présente lors du dernier entretien de maintenance 3 mois plus tôt. Un diagnostic de pollution des sols est réalisé par une entreprise. Un nettoyage des tours et des pales est effectué un mois plus tard.

La fuite est due à des tuyaux poreux dans le hub de l'éolienne. Les pièces défectueuses ont été remplacées 3 jours après la constatation de l'événement et la turbine a été placée à l'arrêt le temps de leur remplacement. Une vérification préventive de l'ensemble des flexibles hydrauliques de la machine et du reste du parc est effectuée. L'analyse des causes profondes a démontré que le problème était issu d'une erreur humaine à la conception des turbines : le technicien en charge de la construction a mal effectué le sertissage des tuyaux, ce qui a conduit à sa porosité plus rapide à l'origine de la fuite.

À la suite de l'événement, l'exploitant va effectuer une inspection plus régulière des flexibles hydrauliques.

CHUTE D'UN ÉLÉMENT EN FIBRE D'UNE ÉOLIENNE

N° 58388 - 20/10/2021 - FRANCE - 51 - COOLE

D35.11 - Production d'électricité

Vers 10h30, une partie en fibre du cône de nez d'une éolienne chute dans un parc éolien. Un périmètre de sécurité est mis en place. Le parc éolien est à l'arrêt, en attente d'inspections. Toutes les machines vont être inspectées avant une remise en fonctionnement. Le cône de nez incriminé est remplacé.

CASSE D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 58114 - 21/10/2021 - FRANCE - 85 - AUCHAY-SUR-VENDEE

D35.11 - Production d'électricité

Vers 10 h, le lendemain du passage de la tempête Aurore, les pompiers sont alertés pour une pale de 60 m menaçant de tomber d'une éolienne de 180 m de haut. Une grande partie est pendante toujours solidaire de la tête rotor et des débris ont été projetés entre 100 et 400 m de l'éolienne. Un périmètre de sécurité est mis en place et un arrêté de circulation est pris par le maire. L'exploitant met à l'arrêt les 3 autres éoliennes du parc, les 5 autres éoliennes du parc qui en compte 9 au total étant déjà à l'arrêt.

L'exploitant a reçu la veille à 21h07 une notification du capteur acoustique de l'éolienne qui a mis l'éolienne à l'arrêt. Au moment de cet événement, la vitesse de vent maximale mesurée est de 36,3 m/s et la vitesse de vent en moyenne 10 m est de 21,4 m/s. L'éolienne ne pouvant pas être redémarrée à distance, une intervention de l'exploitant était prévue le lendemain.

L'exploitant organise le démontage des éléments de la pale ayant subi l'accident encore fixé à l'éolienne. Une analyse est menée sur la pale dégradée afin de connaître les causes de l'accident et de pouvoir remettre en fonctionnement le parc éolien, mis en service 4 mois plus tôt.

DÉVERSEMENT D'HUILE DANS UN PARC ÉOLIEN

N° 58633 - 03/11/2021 - FRANCE - 48 - LA FAGE-MONTIVERNOUX

D35.11 - Production d'électricité

Des traces de graisse sont observées sur les plateformes et à la base des pales d'éoliennes dans un parc éolien. Un diagnostic de pollution des sols est effectué. Le technicien de maintenance remplace les joints.

Le déversement est lié à la présence de fissures sur les joints d'étanchéité des pales.

CHUTE D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 58412 - 03/12/2021 - FRANCE - 23 - LA SOUTERRAINE

D35.11 - Production d'électricité

Vers 16 h, une éolienne perd une pale qui tombe dans une prairie à 60 à 100 m du pied de l'éolienne. Des débris chutent également à proximité de l'éolienne concernée. Le site est mis en sécurité et les 3 autres éoliennes du parc sont arrêtées. La fixation entre la pale et le moyeu central est restée attachée. Les pompiers, la gendarmerie et les mairies sont informés. Un gardiennage est mis en place sur le site. Le personnel exploitant est présent sur site dès 23h le jour même pour sécuriser la zone. Toutes les machines sont inspectées par des experts éoliens dans les jours qui ont suivi. L'inspection autorise la remise en fonctionnement des 3 autres machines après ces inspections techniques et transmission des rapports. Le site ne présente pas de problématique environnementale après l'enlèvement du morceau de pale tombé.

Des prescriptions de mises en sécurité ainsi que des mesures d'urgences à titre conservatoires sont prises. À la suite de l'événement des expertises sont menées sur l'ensemble des pales et des investigations complémentaires plus approfondies sont réalisées sur la pale accidentée.

CHUTE D'UN AÉROFREIN D'UNE ÉOLIENNE

N° 58446 - 24/12/2021 - FRANCE - 76 - FECAMP

D35.11 - Production d'électricité

Vers 9h10, un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne dans un parc éolien. L'éolienne s'arrête automatiquement. Le cadre d'astreinte décide de ne pas tenter de relancer la machine à distance. Comme les consignes d'exploitation du parc ne prévoient pas d'astreinte, l'intervention des techniciens est programmée 3 jours plus tard. Lorsque l'équipe de maintenance se déplace sur le site, celle-ci découvre l'équipement à 155 m dans le champ jouxtant l'éolienne. La zone est balisée et l'aérofrein est évacué. Le parc entier est arrêté par mesure préventive en attente d'expertise. La perte d'exploitation est estimée à hauteur de 10 000 €.

Un incident similaire a eu lieu sur cette même machine et même pale 4 ans plus tôt (ARIA 50291), en raison de la casse d'une rondelle de maintien. Toutefois, l'origine de l'événement semble différente dans ce cas car la partie hélicoïdale est manquante. A la suite de cet événement, l'exploitant avait prévu une inspection tous les cinq ans, la suivante devait être effectuée à l'été 2022.

L'exploitant explique cette nouvelle chute d'aérofrein par la combinaison de la rupture d'un tendeur et l'affaiblissement de l'assemblage collé de l'aérofrein. Les tendeurs sont contrôlés tous les 6 mois. Le collage est dimensionné pour tenir la durée de vie certifiée de l'éolienne (20 ans). L'affaiblissement proviendrait de la chute précédente. Après cet événement, le collage n'avait pu être vérifié par ultrasons car la présence de bulles d'air renvoyait un écho.

L'exploitant décide de remplacer les 15 tendeurs du parc. Il lui est recommandé de :

- préciser les attendus des contrôles semestriels et les actions à mener ;
- renforcer la maintenance et la fréquence de contrôle et de remplacement des tendeurs ;
- s'assurer que le programme d'inspection quinquennale reste adapté au regard du retour d'expérience ;
- déployer le REX acquis aux autres parcs exploitant ce même type de machine.

L'exploitant modifie la procédure concernant l'inspection visuelle des câbles et vérins du système d'aérofrein à une fréquence semestrielle. Le programme d'inspection quinquennale est jugé satisfaisant en termes de contenu et de fréquence.

2022 – 19 accidents et incidents recensés

FUITE D'HUILE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 58804 - 03/02/2022 - FRANCE - 51 - NOIRLIEU

D35.11 - Production d'électricité

L'exploitant d'un parc éolien constate une fuite d'huile sur l'extérieur du mât d'une éolienne. Il met en place un kit d'absorption, nettoie le fond de la nacelle et y pose des chiffons absorbants. Des boudins sont mis autour du mât de l'éolienne pour éviter toute pénétration dans le sol. Après utilisation des boudins et des feuilles absorbantes du kit antifuite, ces derniers sont évacués et traités conformément à la gestion des emballages et matériaux souillés.

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.

L'origine de l'infiltration d'eau (raccordement non étanche) est étanchéifiée. Les autres éoliennes sont également inspectées.

CASSE DE LA PALE D'UNE ÉOLIENNE

N° 58897 - 02/04/2022 - FRANCE - 31 - SAINT-FELIX-LAURAGAIS

M71.12 - Activités d'ingénierie

À 9h27 un samedi, sur un parc éolien contenant 11 éoliennes, une pale d'éolienne composée de fibre de verre et de carbone de 40 m s'effondre partiellement en haut d'un mât de 60 m. Une partie de celle-ci reste suspendue au rotor. L'alerte est donnée par un riverain ayant constaté du bruit et des mouvements de pales anormaux. Les débris sont circonscrits à une centaine de mètres autour du mât. L'exploitant met en place un périmètre de sécurité autour de l'installation et un gardiennage physique sur le site. L'accès au parc éolien est interdit par arrêté municipal. Il est demandé aux 2 exploitants du parc de mettre à l'arrêt les machines et de procéder à des vérifications. L'exploitant doit également démonter les éléments présentant un risque de chute.

Les jours précédents l'incident, 2 tempêtes de vent se sont produites. La nuit avant l'événement (à 20h40), une erreur du système de régulation de l'orientation (pitch) des pales apparait sur l'éolienne. Cette erreur détecte un décalage entre la consigne d'orientation du pitch et la position du moteur sur lequel est le capteur. L'apparition de cette erreur entraîne, dans certaines conditions, l'arrêt par le système de contrôle interne de l'éolienne concernée. Celle-ci, après remise à zéro du pitch, peut être redémarrée à distance, selon la procédure prévue par la société en charge de la maintenance des éoliennes. L'éolienne a ainsi été redémarrée 20 min avant l'événement. Une panne/casse mécanique pourrait être à l'origine de l'erreur de pitch.

À la suite de l'événement, le maintenancier modifie la procédure de redémarrage des éoliennes lors de l'apparition d'une erreur de pitch afin qu'une vérification sur site du bon état général et de celui du pitch soit effectuée par un technicien. Il réalise :

- une inspection par drone pour analyser les dégâts sur la machine et rendre l'accès en pied de mat sans risque
- une inspection nacelle/hub/pale/pitch ;
- un découpage de la pale endommagée le 28/04/2022 ;
- un nettoyage et une évacuation des débris après la mise au sol de la pale rendant possible l'accès en pied de machine.

La recommandation d'un changement complet du jeu de pale est acceptée par l'exploitant. Ces pales sont amenées sur place début août 2022 et l'opération de remise en état est prévue d'ici la mi-août 2022.

L'exploitant informe les 3 communes alentours par une lettre d'information à destination des concitoyens. Enfin, un porter à connaissance pour la remise en service est en préparation par l'exploitant pour accord de la Préfecture.

FUITE D'HUILE DANS UN PARC ÉOLIEN

N° 58775 - 10/02/2022 - FRANCE - 80 - ORESMAUX

D35.11 - Production d'électricité

Vers 8 h, une 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. Les équipes du turbinier, en arrivant sur place le matin, arrêtent la turbine et appliquent un kit anti-pollution. Des techniciens sont mandatés pour rechercher l'origine de la fuite et nettoyer l'intérieur de l'éolienne. Le défaut est corrigé. Le turbinier informe l'exploitant et le propriétaire terrien.

100 l d'huile se déversent le long du mât. Une faible quantité a atteint le pied de l'éolienne.

La fuite est due à un bouchon d'un cylindre du système d'orientation des pales dans le rotor mal resserré.

À la suite de l'événement, l'exploitant fait un rappel aux techniciens de maintenance.

ÉOLIENNES TOUCHÉES PAR UNE CYBERATTAQUE

N° 58714 - 24/02/2022 - FRANCE - - NC

D35.11 - Production d'électricité

Plus d'une cinquantaine de parcs éoliens français et d'autres en Europe sont touchés par une cyberattaque, affectant 30 000 éoliennes. Il s'agit de la perte de communication du pilotage à distance avec le système SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) des éoliennes. Les éoliennes continuent à produire de l'électricité et fonctionnent en mode de sécurité automatique. Les exploitants mettent en place des visites quotidiennes de surveillance des parcs et une vigilance accrue des conditions météorologiques. Un parc est mis à l'arrêt devant l'impossibilité de réaliser ces visites.

La supervision à distance a été interrompue à cause de la cyberattaque de la liaison satellite. Elle est en lien avec l'invasion de l'Ukraine par la Russie car les satellites sont probablement utilisés pour des communications de l'armée ukrainienne.

Certains parcs disposent d'un pilotage local en filaire et transmettent régulièrement les informations au centre de pilotage à distance. Des solutions 4G sont déployées quelques jours après la perte de communication du satellite mais l'approvisionnement en routeurs est retardé et des zones blanches persistent. Des exploitants basculent sur un autre satellite. Un mois après l'incident, tous les parcs ont retrouvé la communication à distance.

Les exploitants et maintenanciers souhaitent mettre en œuvre des solutions pérennes de back-up de la communication par satellite.

ÉOLIENNES TOUCHÉES PAR LA CYBERATTAQUE D'UN SATELLITE

N° 58778 - 24/02/2022 - FRANCE - 62 - COUPELLE-VIEILLE

D35.11 - Production d'électricité

Une cyberattaque du satellite de liaison entre le pilotage à distance et le système SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) des éoliennes entraîne la perte de surveillance et de contrôle à distance du parc éolien. Les aérogénérateurs concernés restent en service et produisent de l'énergie électrique. Ils fonctionnent en mode de sécurité automatique. L'exploitant met en place des vérifications visuelles quotidiennes du bon fonctionnement des aérogénérateurs.

La perte de communication correspond à l'invasion russe de l'Ukraine. La panne est due à une cyberattaque.

Le temps de rétablir la connexion satellite, l'exploitant déploie des solutions techniques temporaires telles que l'utilisation du réseau 4G. Lors de la commande du matériel de remplacement endommagé par le piratage, il rencontre des difficultés de livraison en raison de la très forte demande, car 30 000 unités ont été touchées en Europe (ARIA 58714). Le routeur défectueux est retiré sur les sites concernés.

Le maintenancier envisage de mettre en place un stockage de pièce de rechange plus important dans un contexte de tension mondiale au niveau de la fourniture d'équipements comportant des semi-conducteurs.

FUITE D'HUILE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 59108 - 24/03/2022 - FRANCE - 02 - LISLET

D35.11 - Production d'électricité

Vers 10 h, à la suite de la réception d'une alarme, un opérateur détecte des 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. Un kit absorbant est installé autour du mât de l'éolienne. L'équipe de maintenance réalise le nettoyage à l'intérieur de l'éolienne. Un bureau d'études est mandaté pour réaliser des prélèvements afin de caractériser une éventuelle pollution de sol.

La cause de l'événement est la rupture d'un sertissage d'un flexible dans la nacelle.

PANNE INFORMATIQUE DANS UN PARC ÉOLIEN

N° 58868 - 01/04/2022 - FRANCE - 14 - ONDEFONTAINE

D35.11 - Production d'électricité

Vers 11h30, une perte de monitoring des éoliennes par le constructeur en charge de leur maintenance se produit sur un parc éolien. Le contrôle des machines à distance n'est plus possible. L'exploitant du parc éolien vérifie le bon fonctionnement de ses outils de télégestion du parc et constate qu'ils sont opérationnels. L'exploitant informe les parties prenantes et met en place un mode de surveillance renforcé ainsi qu'un mode de transmission régulière des informations de monitoring avec le turbinier. Vers 18h30, la communication est rétablie.

Il s'agit d'une cyberattaque.

L'enseignement principal porte sur l'efficacité des outils de télégestion que l'exploitant a mis en place de son côté, permettant ainsi d'être en mesure de conserver la maitrise opérationnelle de son parc éolien. L'exploitant demande au constructeur une analyse des causes afin de savoir si un renforcement de la sécurité des outils de télégestion est nécessaire ou non.

INCIDENT MÉCANIQUE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 59622 - 03/04/2022 - FRANCE - 02 - OMISSY

D35.11 - Production d'électricité

Vers midi, le marchepied fixé dans le moyeu d'une éolienne se désolidarise. Il sort du moyeu, et se coince entre le moyeu, le cône, le pied de pale et la nacelle. Une des pièces de fixation du marchepied s'échappe du cône et chute sur l'escalier d'accès au pied de la turbine. En se coinçant, le marchepied arrache des câbles d'alimentation, mettant l'éolienne à l'arrêt. Vers 14h45, l'équipe de maintenance intervient à la suite de la remontée du défaut, et constate la chute de la pièce métallique, les câbles d'alimentation arrachés et le marchepied coincé.

Cet incident a pour conséquences des dégâts matériels et des pertes de production. L'équipe de maintenance collecte les débris de marchepied et remet en état les câbles d'alimentation.

VOL DE MATÉRIEL DANS UN PARC ÉOLIEN

N° 59532 - 06/04/2022 - FRANCE - 34 - JONCELS

D35.11 - Production d'électricité

Vers 10 h, les équipes d'un parc éolien constatent la perte de communication avec les systèmes de détection aviaire (SDA). Les machines s'arrêtent. Le lendemain, les employés remarquent la disparition des PC de commandes dans le poste de livraison du parc. Les éoliennes sont mises en mode dégradé pour un arrêt total diurne et un fonctionnement nocturne.

Les personnes responsables du vol ont cassé la boite à clefs et coupé le câble d'antenne.

L'exploitant remplace la boite à clefs et met en place une alarme anti-intrusion avec une surveillance 24/7.

FUITE D'HUILE DANS UN PARC ÉOLIEN

N° 58981 - 27/04/2022 - FRANCE - 34 - RIOLS

D35.11 - Production d'électricité

Vers 10 h, des techniciens en intervention sur site constatent 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. D'après la fiche de données de sécurité, l'huile est facilement biodégradable. 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.

Le lendemain de l'événement, l'exploitant fait réparer les flexibles et ajouter de nouveaux kits absorbants en pied de mât. Il prévoit l'évacuation des pierres souillées vers une entreprise agréée lors des travaux de dépollution. Les techniciens réalisent une visite sur site pour vérifier que la réparation a bien fonctionné (absence de nouvelle fuite) et pour renouveler les kits antipollution si nécessaire en pied de tour. L'exploitant fait vérifier les flexibles des multiplicatrices des autres éoliennes.

CHUTE D'UNE PALE D'ÉOLIENNE

N° 59013 - 30/04/2022 - FRANCE - 11 - ROQUETAILLADE-ET-CONILHAC

D35.11 - Production d'électricité

Vers 18 h, avec un vent de 9 m/s et par temps clair, la pale d'une éolienne tombe et se casse au pied de l'éolienne sans occasionner d'autres dégâts. Entre 19 h et 20 h, le propriétaire de la parcelle d'implantation contacte la gendarmerie à la suite de la perception de bruits anormaux provenant de l'aérogénérateur. La gendarmerie constate sur place l'effondrement de la pale au pied de la machine qui s'est arrêté en sécurité. Elle prévient l'astreinte de l'exploitant qui ouvre une cellule de crise interne. Les parties prenantes sont informées. L'exploitant met à l'arrêt, à distance, l'ensemble des 27 autres éoliennes des 2 parcs du site. L'astreinte se rend sur site, ferme la voie d'accès privée à l'ouvrage, installe un balisage et positionne une société de gardiennage. 2 périmètres de sécurité sont mis en place, à 30 et 100 m. Une visite d'un huissier permet de constater la scène et prendre des photos haute définition par drone afin d'appréhender les conditions d'accès au site pour l'intervention des techniciens.

10 jours après l'événement, une inspection préalable du constructeur est réalisée en présence de l'exploitant. Les risques d'effondrement de l'ouvrage sont écartés. 19 jours après la chute, la pale est extraite du site et placée sous scellé pour expertises complémentaires. L'exploitant procède au nettoyage du site, avec notamment, une recherche de métaux. Il protège l'embase de la pale sur le rotor. Le gardiennage est levé.

La pale a chuté à la verticale du rotor et s'est brisé au contact du sol à une distance de 4 m de la tour. Il n'y a pas eu de projections d'éléments de pale. À l'issue de l'expertise, la pale sera détruite. 2 parcs éoliens d'une puissance totale de 23 MW sont à l'arrêt pendant plus d'un mois.

La chute de la pale fait suite à une rupture du roulement de pale. La bague extérieure solidaire du moyeu est ouverte et les billes de roulement sont tombées au sol. La casse de boulons est constatée sur un secteur supérieur à 180 °.

L'exploitant procède au contrôle :

- des ensembles roulements, moyeux et de leur graissage sur l'ensemble des machines des 2 parcs ;
- des marquages de serrage de toutes les machines par un organisme tiers.

DÉVERSEMENT D'HUILE DE MULTIPLICATRICE SUR UN PARC ÉOLIEN

N° 59167 - 29/05/2022 - FRANCE - 81 - ASSAC

D35.11 - Production d'électricité

Dans un parc éolien, de 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 zone est balisée. Une équipe absorbe l'huile restante dans la nacelle et au pied de celle-ci. Une entreprise de dépollution des sols est mandatée pour traiter les terres polluées sur un rayon de 5 mètres.

La quantité d'huile déversée est estimée à 150 l.

La fuite est due à une panne de la multiplicatrice. La machine était à l'arrêt depuis plusieurs jours. Les roulements ne tournaient plus, le rotor n'avait plus de degrés de liberté. Le rotor a essayé de bouger avec le vent, causant la casse d'un roulement. La multiplicatrice serait alors sortie de son logement et ouverte entrainant le déversement de l'huile.

A la suite de l'événement, l'exploitant installe des systèmes absorbants dans le bac de rétention en amont.

FEU SUR UNE ÉOLIENNE

N° 59452 - 05/08/2022 - FRANCE - 22 - PONT-MELVEZ

D35.11 - Production d'électricité

Vers 13h30, un feu se déclare dans le rotor d'une éolienne au sein d'un parc éolien. Un important panache de fumée se dégage. Les pompiers se rendent sur place mais ont pour consigne de ne pas intervenir sur l'éolienne et de la laisser brûler. Ils mettent en place un périmètre de sécurité et sécurisent tout départ de feu dans les champs en raison de la projection de nombreuses étincelles. L'exploitant arrête le parc. Un arrêté municipal d'interdiction à l'accès du parc est rédigé. Une société privée effectue des rondes à partir de 20 h pour une semaine.

400 m² de végétation ont brûlé. Le rotor et les pales sont détruits.

FUITE D'HUILE DANS UN PARC ÉOLIEN

N° 59965 - 10/08/2022 - FRANCE - 89 - CUSSY-LES-FORGES

D35.11 - Production d'électricité

Vers 1 h, une fuite d'huile se produit dans la nacelle d'une éolienne. L'alerte est donnée par le déclenchement d'une alarme. Le bloc vérin de la pale est détaché. La machine est mise à l'arrêt. L'huile coule en pied de tour, sans atteindre le sol environnant. La turbine reste arrêtée jusqu'à la livraison des pièces. Un kit antipollution est installé par les techniciens. L'événement engendre des pertes d'exploitation.

La fuite est due un tuyau hydraulique cassé à la suite d'un problème de montage.

FEU SUR UNE ÉOLIENNE

N° 59533 - 22/08/2022 - FRANCE - 51 - COOLE

D35.11 - Production d'électricité

En début d'après-midi, lors de travaux d'entretien, la nacelle d'une éolienne de 90 m de haut prend feu. Les 2 agents de maintenance présents dans la nacelle évacuent par l'échelle intérieure du mât. Un troisième agent au sol coupe immédiatement l'alimentation électrique de l'éolienne. Les 5 autres éoliennes du parc sont également arrêtées. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité et surveillent le feu qui s'éteint de lui-même au bout de 3 h. Ils arrosent les éléments qui tombent au sol au pied de l'éolienne. Une entreprise de surveillance assure le gardiennage du site dans un périmètre de 200 m établi par l'exploitant. Les accès sont sécurisés par des barrières et panneaux. L'exploitant informe le propriétaire terrien et les exploitants agricoles impactés.

La nacelle est entièrement détruite. 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.

FUITE D'HUILE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 59719 - 19/09/2022 - FRANCE - 44 - LES TOUCHES

D35.11 - Production d'électricité

Vers 12 h, au cours d'une opération de maintenance programmée, les techniciens d'un parc éolien constatent une traînée d'huile sur le mât d'une éolienne. Sur la nacelle, un suintement au niveau du sertissage d'un flexible du circuit de refroidissement de la boîte de vitesses est visible (pression : 3 bar). L'éolienne est arrêtée.

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. En préventif, les techniciens mettent en place des boudins absorbants en pied de machine. 3 jours plus tard, l'exploitant confirme que le bac de rétention est vidé, le flexible défaillant remplacé et la machine de nouveau en production.

INTRUSION ET VOL DE MATÉRIEL DANS UN PARC ÉOLIEN

N° 59926 - 19/10/2022 - FRANCE - 34 - JONCELS

D35.11 - Production d'électricité

Vers 20h30, une alerte intrusion se déclenche sur le poste de livraison d'un parc éolien. La supervision à distance est perdue 10 minutes plus tard. Une équipe se rend sur place le lendemain vers 8 h pour vérifier les équipements de communication. A leur arrivée, les techniciens constatent que l'accès au local du poste de livraison abritant le système de communication à distance a été forcé et le matériel informatique vandalisé en partie. Ils mettent manuellement les éoliennes à l'arrêt. La communication avec les systèmes de détection avifaune est rétablie 11 jours plus tard. Le parc étant encore en maintenance annuelle, des techniciens sont présents quotidiennement et s'assurent qu'il n'y a pas d'incident. Les éoliennes sont maintenues à l'arrêt jusqu'à ce qu'une solution de remplacement pour la supervision à distance soit trouvée. Le temps de réparation est estimé entre 1 à 2 mois pour l'approvisionnement du matériel.

Une partie des serveurs informatiques a été dérobée. L'exploitant estime à 50 000 € les dommages matériels et à 100 000 € les pertes d'exploitation.

L'origine de l'événement est un acte de malveillance.

L'exploitant dépose une plainte à la gendarmerie et met en place des caméras de vidéosurveillance avec une astreinte permanente. Des caméras à déclenchement automatique sont ensuite installées à l'intérieur du poste et des éoliennes.

INTRUSION DANS UN PARC ÉOLIEN

N° 59925 - 24/10/2022 - FRANCE - 34 - JONCELS

D35.11 - Production d'électricité

Vers 20h30, une alerte intrusion est détectée sur le poste de livraison d'un parc éolien, suivie d'une perte de communication avec le site. Le lendemain, les techniciens constatent que l'accès au local serveur est forcé et le matériel informatique vandalisé en partie. La supervision à distance des éoliennes est impossible. Ces dernières sont donc mises à l'arrêt manuellement jusqu'au remplacement de la supervision. Une partie des serveurs informatiques a été dérobée. Cette intrusion engendre des dommages matériels estimés à 5 000 € et des pertes d'exploitation de 40 000 €.

Une effraction intervient après une autre dans la région (ARIA 59926).

L'exploitant installe la caméra de surveillance qui devait être mise en place le lendemain de l'intrusion. Des caméras à déclenchement automatique sont ensuite mises en place à l'intérieur du poste et des éoliennes.

IMPACT DE FOUDRE SUR UNE ÉOLIENNE

N° 59952 - 23/11/2022 - FRANCE - 35 - PLELAN-LE-GRAND

D35.11 - Production d'électricité

Vers 22h30, 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, un impact de foudre est visible, celle-ci a traversé le bout de la pale. Les installations sont sécurisées et les inspections sont menées. Par mesure de sécurité, la route est fermée par arrêté de la commune et le reste jusqu'à l'enlèvement de la pale.

Annexe 7 : COURRIER DE L'AVIATION CIVILE

MINISTÈRE CHARGÉ DES TRANSPORTS
Liberté
Égalité
Fraternité

dgac direction générale de l'Aviation civile

Service national d'Ingénierie aéroportuaire
« Construire ensemble, durablement »

Département SNIA-Ouest
Unité instruction servitudes aéronautiques

Bouguenais, le 05 AOUT 2021

Société WKN
Monsieur LASPOUGEAS Thomas

Nos réf. : **N° 2021/1578 /T102681**
Vos réf. : Votre courriel du 04/06/2021
Affaire suivie par : Hervé KERJOANT
snia-ouest-ads-bf@aviation-civile.gouv.fr
Tél. : 02 28 09 27 10

Objet : Pré-consultation 5 éoliennes – Bouzonville-aux-Bois (45)

Monsieur,

Par courriel cité en référence, vous nous adressez pour avis, une demande pour l'implantation de 5 éoliennes d'une hauteur hors sol de 200 mètres, soit une altitude sommitale maximale de 315 mètres NGF (E1)), sur des terrains situés sur les communes de Bouzonville-aux-Bois et Ascoux[1].

Ces éoliennes se situent dans le périmètre de protection des 0km-10km du VOR(C)-PTV (aucune éolienne possible à moins de 5 km d'un VOR). Or ce VOR est plein en application de la circulaire du 12 janvier 2012 « relative à l'instruction des projets éoliens par les services de l'Aviation civile ».

De plus, ces éoliennes impactent les arrivées omnidirectionnelles (MSA) de l'aérodrome d'Orléans-Saint-Denis-de-l'Hôtel (Références : AIP : AD 2 LFOZ IAC RWY23 NDB, AD 2.19 NDB ORS Position 47°56'14.6''N/002°14'33.5''E. Règlement PROMIN I-4-8-1). L'altitude maximale admissible est de 309 mètres.

En conséquence, j'émets **un avis défavorable** pour ces 5 éoliennes.

Toutefois, au vu de la publication officielle sur le retrait de certains VOR dans le cadre du réseau minimum, le VOR(C)-PTV est prévu d'être arrêté au 31 décembre 2022. Si vous signez un engagement à ne pas élever ces éoliennes tant que ce VOR est opérationnel tout en respectant l'altitude maximale précitée), alors un avis technique favorable pourra être émis pour l'érection de ces éoliennes se situant dans ce périmètre de protection de ce VOR(C)-PTV. Pour ce faire, nous vous invitons à prendre contact avec le chef du pôle NAV de la DTI (M. Christophe DEHAYNAIN) et/ou SDPS (M. E. Brihaye) pour contracter cet engagement.

Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de ma considération distinguée.

Le chef du département SNIA Ouest

Christophe PERROQUIN

Service national d'Ingénierie aéroportuaire Ouest- Pôle de Nantes – Zone aéroportuaire – CS 14321 – 44341 Bouguenais cedex
Tél : 02 28 09 27 10

Annexe 8 : COURRIER DE L'ARMÉE

Porter à connaissance afférent à votre demande de pré-consultation pour un projet éolien sur la commune de ...

LX LEROY Xavier <xavier-e.leroy@intradef.gouv.fr>
À Laspougeas, Thomas

Répondre | Répondre à tous | Transférer | ...

mar. 24/08/2021 17:32

Vous avez transféré ce message le 24/08/2021 17:37.

Madame, Monsieur,

Après consultation des différents organismes des forces armées concernés par votre projet de 05 aérogénérateur d'une hauteur sommitale de 200 mètres, pale haute à la verticale, sur le territoire de la commune de Bouzonville-aux-Bois (45) transmis par courriel en date du 28 mai 2021, j'ai l'honneur de porter à votre connaissance les informations qui devraient vous permettre d'apprécier l'opportunité de poursuivre vos études.

Votre projet se situe dans la zone des soixante-dix kilomètres des radars des armées d'Orléans et Châteaudun. Il s'avère que votre projet en l'état ne présente pas une gêne avérée et qu'il est acceptable.

En cas de construction, compte tenu de la hauteur totale hors sol des éoliennes, un balisage "diurne et nocturne" devra être mis en place conformément à la règlementation en vigueur. En conséquence, je vous invite à consulter la direction de la sécurité de l'aviation civile Ouest située à Brest (29) afin de prendre connaissance de la technique de balisage appropriée à votre projet.

Dans l'éventualité où ce projet subirait des modifications postérieures au présent courrier, il devra systématiquement faire l'objet d'une nouvelle consultation.

Ce document est établi sur la base des critères actuellement pris en compte par le ministère des armées et des informations recueillies à ce stade de la consultation. Il tient compte de la réglementation et des contraintes en vigueur au jour de l'étude, des parcs éoliens à proximité dont les armées ont connaissance au moment de sa rédaction et ne préjuge en rien de l'éventuel accord du ministère des armées qui sera donné dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation environnementale à venir.

Ce document n'est pas un acte faisant grief, il est donc insusceptible de recours et de demande de reconsidération. Il est inopposable aux tiers et ne crée pas de droit d'antériorité à l'égard d'autres éventuels projeteurs. Il ne vaut pas autorisation d'exploitation, celle-ci n'étant étudiée que lors de l'instruction de la demande d'autorisation environnementale, sur saisine du préfet.

Je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de ma considération distinguée.

Pour le sous-directeur de la circulation aérienne militaire Nord,

Commandant Xavier LEROY
Chef de la division environnement aéronautique
DSAÉ/DIRCAM/SDRCAM Nord

SDRCAM Nord – Site Mailloux
Base aérienne 705
RD 9010 – 37 076 TOURS CEDEX 02
Tél : +33 2 45 34 14 46 / PNIA : 862 927 14 46
xavier-e.leroy@intradef.gouv.fr

MINISTÈRE DES ARMÉES
Liberté
Égalité
Fraternité

Direction de la sécurité aéronautique d'État
Direction de la circulation aérienne militaire
Sous-direction régionale de la circulation aérienne militaire Nord

Annexe 9 : COURRIER DE MÉTÉO FRANCE

Annexe

Demandeur	
Nom	GLEMIN
Prénom	Emmanuel
Société	ENVIROCITE
Email	emmanuelglemin@envirocite.fr
Adresse	29 avenue René Gasnier
Code postal	49100
Commune	ANGERS
Projet	
Nom	Bouzonville
Localisation	METROPOLE
Situation	TERRE
ICPE	AUE
Type	POLYGONE
Commune #1	BOUZONVILLE AUX BOIS (45)
Dossier	
Référence	2022-000912
Date et heure	28/09/2022 11:59:55

Les coordonnées sont exprimées en degrés décimaux dans le système géodésique WGS84.

Eolienne/sommet	Latitude	Longitude
#1	48,1172111°	2,2301389°
#2	48,1152528°	2,2686528°
#3	48,1067861°	2,2645333°
#4	48,1077222°	2,25435°
#5	48,1120833°	2,2283306°

Météo-France
73, avenue de Paris - 94165 Saint-Mandé CEDEX - France
www.meteofrance.fr @meteofrance
Météo-France, certifié ISO 9001 par AFNOR Certification

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

METEO FRANCE

Direction des Systèmes d'Observation
42, avenue Gaspard Coriolis
31000 Toulouse

À l'attention de Emmanuel GLEMIN
ENVIROCITE
29 avenue René Gasnier
49100 ANGERS

Objet : Certificat Radeol
Nom du projet : Bouzonville
Affaire suivie par : DSO/CMR
Courriel : radeol@meteo.fr
Référence Météo-France : 2022-000912

Toulouse, le 28 septembre 2022

Par déclaration en référence, vous avez saisi Météo-France concernant un projet d'installation de parc éolien sur la commune de **BOUZONVILLE AUX BOIS (45)**.

Vous avez indiqué que ce projet relève du régime de l'autorisation unique environnementale (AUE) des ICPE. Dès lors, son acceptabilité est soumise au respect des conditions prescrites par l'arrêté ministériel modifié du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie éolienne.

Ce parc éolien se situerait à une distance de **74,92 km** du radar le plus proche utilisé dans le cadre des missions de sécurité météorologique des personnes et des biens, à savoir le radar bande C de **Trappes***.

Cette distance est **supérieure à la distance minimale d'éloignement** fixée par l'arrêté (20 km pour un radar bande C).

Dès lors, **aucune contrainte réglementaire spécifique** ne pèse sur ce projet éolien au regard des radars météorologiques, et **l'avis de Météo-France n'est pas requis** pour sa réalisation.

Ce certificat, joint à votre dossier de demande d'autorisation déposé en préfecture, permet de justifier de cette position réglementaire.

** Les coordonnées géographiques des radars concernés, ainsi qu'un rappel sur la réglementation et les études d'impact, vous sont accessibles à partir de l'url suivante : https://www.radeol.fr*
Ce certificat n'est valable que pour les caractéristiques exactes du projet renseignées par le demandeur (cf. Annexe). En cas de modification du projet, un nouveau certificat doit être demandé.

Météo-France
73, avenue de Paris - 94165 Saint-Mandé CEDEX - France
www.meteofrance.fr @meteofrance
Météo-France, certifié ISO 9001 par AFNOR Certification

Annexe 10 : COURRIER DE RTE

VOS RÉF. Projet éolien - BOUZONVILLE-AUX-BOIS

NOS RÉF. LEI-ENV-CM-NTS-GMR SOL-APPUIS-22-00304

INTERLOCUTEUR Nicolas HERY

TÉLÉPHONE 02 38 71 43 11

E-MAIL rte-cm-nts-gmr-sol-env@rte-france.com

OBJET Projet de création de parc éolien
Communes de BOUZONVILLE-AUX-BOIS

Saint Jean de la Ruelle, le 09 DEC. 2022

WKN France

10 rue Charles Brunellière

44 100 NANTES

A l'attention de M.TEXIER Thomas

Monsieur,

En réponse à votre courrier reçu le 1 décembre 2022 et référencé ci-dessus, nous constatons que les lignes électriques aériennes suivantes sont impactées par votre projet :

- Commune de BOUZONVILLE-AUX-BOIS:
  - 400 000 Volts DAMBRON GATINAIS N°1
  - 400 000 Volts DAMBRON – GATINAIS N°2

  } lignes en supports communs

Ces lignes électriques présentent un caractère stratégique pour le réseau de transport HTB (tension supérieure à 50 000 Volts) et participent à l'interconnexion du réseau national et régional.

Concernant la faisabilité de votre projet, nous tenons à vous préciser que l'Arrêté Technique Interministériel du 17 mai 2001, fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique, n'envisage pas expressément de distance d'éloignement entre les éoliennes et nos ouvrages électriques. Toutefois, si l'on se réfère à l'article 26 de cet arrêté relatif à la "Distance aux arbres et obstacles divers", il s'avère que le projet présenté respecte la distance prévue pour ces "obstacles divers".

Compte tenu de l'importance que revêt une ligne électrique pour le bon fonctionnement et la sécurité du réseau public de transport, nous estimons qu'il serait souhaitable qu'**une distance supérieure à la hauteur des éoliennes (pales comprises), plus 3 mètres,** soit respectée entre ces dernières et le câble le plus proche de notre ligne et ce, afin de limiter les conséquences graves d'une chute ou de la projection de matériaux (givre, éclatement de pale, etc.) pour la sécurité des personnes et des biens. Nous attirons votre attention sur le fait qu'en cas de chute ou de projection de matériaux causant des dommages à notre réseau ou à des tiers, votre responsabilité serait susceptible d'être engagée.

Nous précisons que, si un tel sinistre devait se produire, le producteur éolien serait tenu pour responsable et que les montants d'indemnisation pourraient être considérables. Bien entendu, il vous appartient de minimiser ce risque en prévoyant des distances d'éloignement suffisantes.

Centre de Maintenance Nantes
Groupe Maintenance Réseaux Sologne
21, rue Pierre & Marie Curie - BP 124
45143 ST JEAN DE LA RUELLE CEDEX
TEL : 02.38.71.43.16
FAX : 02.38.71.43.99

www.rte-france.com

05-09-00-COUR

RTE Réseau de transport d'électricité - société anonyme à directoire et conseil de surveillance au capital de 2 132 285 690 euros - R.C.S.Nanterre 444 619 258

En conséquence, nous vous remercions de bien vouloir tenir compte de cette « contrainte technique » dans le cadre de l'instruction du futur permis de construire.

Nous vous préconisons de vous rapprocher de notre service pour fixer la distance d'éloignement qu'il conviendra de respecter, si vous le jugez nécessaire.

En outre, la réalisation du projet devra respecter la réglementation en vigueur et en particulier celle relative aux travaux à proximité des ouvrages électriques HTB (Code du Travail - 4ème partie, livre V, titre III, chapitre IV, section 12, articles R. 4334-107 et suivants).

Enfin, nous vous précisons que cette réponse vaut uniquement pour les ouvrages dont RTE est gestionnaire (ouvrages dont la tension est supérieure à 50 000 Volts), et qu'il peut exister dans l'environnement du projet, des ouvrages de distribution d'énergie électrique ou des ouvrages de transport et de distribution de gaz qui dépendent d'autres exploitants. Nous vous invitons donc à vous rapprocher de ces derniers pour obtenir toutes les informations utiles.

A titre informatif, nous joignons à ce courrier des éléments de visualisation géographique des différentes lignes précédemment citées.

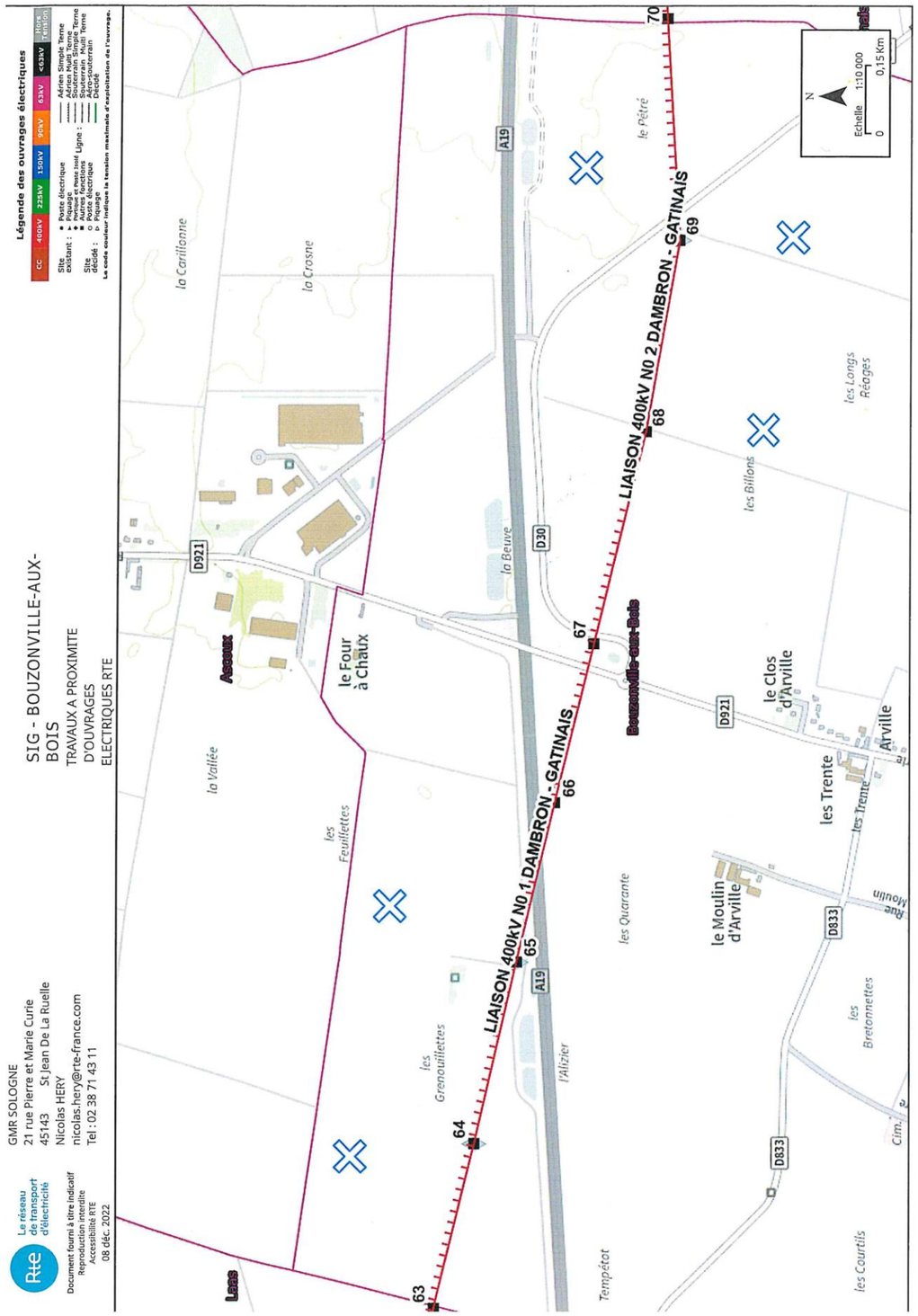
Nous restons à votre disposition pour tout complément d'information.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sincères salutations.

Ludovic GÉRARD
RMR TERRITOIRES

PJ :
Extrait SIG du 08/12/2022 – échelle 1/10 000
Profil en long – échelle 1/500-1/2500

Les informations que vous nous avez communiquées font l'objet d'un traitement informatique. Conformément à la loi "Informatique et liberté" du 6 janvier 1978, le pétitionnaire dispose d'un droit d'accès et de rectification des informations le concernant ainsi qu'un droit d'opposition pour des motifs légitimes en s'adressant à RTE, Tour Initiale, 1 Terrasse Bellini,



Annexe 11 : COURRIEL DE COFIROUTE

De : MAUPU Romain <romain.maupu@vinci-autoroutes.com>
Envoyé : mercredi 16 octobre 2024 16:31
À : Texier, Thomas <t.texier@wkn-france.fr>
Objet : RE: Information fréquentation - A19 - Parc éolien

Bonjour Mr Texier,

Nous ne sommes pas en mesure de vous communiquer des chiffres de trafic en externe à notre société.

Cordialement

VINCI AUTOROUTES

Romain Maupu
Assistant Gestion Patrimoine
Réseau Cofiroute

District du Loiret - Région Centre Val de Loire
Lieu dit « Les Stations » RD 2007
45210 Fontenay Sur Loing
+33(0) 6 50 87 25 98
romain.maupu@vinci-autoroutes.com

Retrouvez nous sur vinci-autoroutes.com, au 3605 et sur
Respectons l'environnement - N'imprimez ce message que si nécessaire.

De : Texier, Thomas <t.texier@wkn-france.fr>
Envoyé : lundi 14 octobre 2024 09:33
À : MAUPU Romain <romain.maupu@vinci-autoroutes.com>
Objet : Information fréquentation - A19 - Parc éolien

Vous n'obtenez pas souvent d'e-mail à partir de t.texier@wkn-france.fr. Pourquoi c'est important

ATTENTION : Ce mail provient d'un expéditeur externe à VINCI Autoroutes. Soyez prudents en particulier avec les pièces jointes, les liens et les images proposés.

Bonjour,

Je me permets de vous contacter car j'aimerais mettre à jour une étude de danger sur mon projet éolien à Bouzonville aux Bois. J'étais en contact avec Rachel Texier sur ce sujet avant son départ.
Auriez-vous les derniers chiffres de fréquentation de l'A19 ?

En vous remerciant,

Bien cordialement,

Thomas TEXIER
Chef de projets éoliens

WKN France
PNE GROUP

Immeuble le Sanitat
10 rue Charles Brunellière
NANTES

+33 (0)6 45 83 73 57
www.wkn-france.fr