



# PARC ÉOLIEN DU BOIS DROUET

COMMUNE DE BELLENGREVILLE (14)



## DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE PIÈCE 7 : ÉTUDE DE DANGERS ET SON RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

MAÎTRISE D'OUVRAGE :

**CENTRALE ÉOLIENNE  
DU BOIS DROUET**

ASSISTANT À MAÎTRISE D'OUVRAGE :

**vensolaïr**  
UNE SOCIÉTÉ **enr**

**FÉVRIER 2024**



## SOMMAIRE

A.	PRÉAMBULE .....	5
<b>RÉSUMÉ NON TECHNIQUE DE L'ÉTUDE DE DANGERS..... 6</b>		
B.	LE CONTEXTE GÉNÉRAL.....	7
B.1	L'objectif de l'étude de dangers .....	7
B.2	L'aire d'étude de dangers.....	7
B.3	La présentation du pétitionnaire.....	7
C.	LA DESCRIPTION DU PROJET ÉOLIEN .....	8
C.1	la nature et le volume des activités.....	8
C.2	La description des installations .....	8
C.3	La localisation des installations .....	9
D.	LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT.....	10
D.1	L'environnement humain .....	10
D.2	L'environnement naturel.....	10
D.3	L'environnement matériel.....	11
E.	L'ÉTUDE DES RISQUES D'ACCIDENTS.....	13
E.1	L'analyse préliminaire des risques .....	13
E.2	L'étude détaillée des risques .....	13
E.3	Les mesures de maîtrise de risque .....	14
<b>ÉTUDE DE DANGERS ..... 16</b>		
F.	INTRODUCTION .....	17
F.1	Les objectifs de l'étude de dangers .....	17
F.2	Le contexte législatif et réglementaire.....	17
F.3	La nomenclature des installations classées .....	18
F.4	La démarche générale de l'étude de dangers .....	18
G.	LES INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION .....	19
G.1	Les renseignements administratifs .....	19
G.2	La localisation du site.....	19
G.3	La définition de l'aire d'étude .....	19
H.	LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	22
H.1	L'environnement humain .....	22
H.2	L'environnement naturel.....	25
H.3	L'environnement matériel.....	29
H.4	La cartographie de synthèse .....	30
I.	LA DESCRIPTION DE L'INSTALLATION .....	34
I.1	Les caractéristiques générales d'un parc éolien.....	34
I.2	L'activité de l'installation .....	35
I.3	La composition de l'installation .....	35
I.4	Le fonctionnement de l'installation .....	38
I.5	Le fonctionnement des réseaux de l'installation.....	40
J.	L'IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION.....	41
J.1	Les potentiels de dangers liés aux produits.....	41
J.2	Les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation .....	41
J.3	La réduction des potentiels de dangers à la source .....	41
K.	L'ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE.....	43
K.1	L'inventaire des accidents et incidents en France .....	43
K.2	L'inventaire des accidents et incidents à l'international .....	44
K.3	L'inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant .....	45
K.4	La synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience .....	45
K.5	Les limites de l'utilisation de l'accidentologie.....	45
L.	L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES .....	46
L.1	L'objectif de l'analyse préliminaire des risques.....	46
L.2	Le recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques .....	46
L.3	Le recensement des agressions externes potentielles.....	46
L.4	Les scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques .....	47
L.5	Les effets dominos.....	49
L.6	La mise en place des mesures de sécurité .....	49
L.7	La conclusion de l'analyse préliminaire des risques .....	53
M.	L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES.....	54
M.1	Le rappel des définitions .....	54
M.2	La caractérisation des scénarios retenus .....	56
M.3	La synthèse de l'étude détaillée des risques.....	67
N.	CONCLUSION .....	72
O.	ANNEXES .....	73
Annexe 1 :	méthode et détails par éolienne de comptage du nombre de personnes exposées .....	73
Annexe 2 :	le tableau de l'accidentologie française (jusqu'à début 2012).....	74
Annexe 3 :	les scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques .....	77
Annexe 4 :	la probabilité d'atteinte et le risque individuel .....	79
Annexe 5 :	le glossaire et la bibliographie .....	79
Annexe 6 :	les accidents et incidents recensés entre 2012 et 2022 .....	81
Annexe 7 :	Retour de consultation de l'Armée.....	101
Annexe 8 :	Retour de consultation de l'aviation civile .....	101

## TABLE DES CARTES

CARTE 1 : LE PROJET ÉOLIEN DU BOIS DROUET ET L'AIRES D'ÉTUDE DE DANGERS.....	9
CARTE 2 : LES ENJEUX DE L'AIRES D'ÉTUDE DE DANGERS.....	12
CARTE 3 : LA SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES DU PROJET ÉOLIEN DU BOIS DROUET.....	15
CARTE 4 : LES INSTALLATIONS DU PROJET ÉOLIEN DU BOIS DROUET ET L'AIRES D'ÉTUDE DE DANGERS SUR FOND IGN.....	20
CARTE 5 : LES INSTALLATIONS DU PROJET ÉOLIEN DU BOIS DROUET ET L'AIRES D'ÉTUDE DE DANGERS SUR PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE.....	21
CARTE 6 : LE REcul DES MÂTS D'ÉOLIENNES AUX HABITATIONS ET ZONES URBANISABLES À DESTINATION D'HABITATION LES PLUS PROCHES.....	22
CARTE 7 : LES ACTIVITÉS HUMAINES DANS L'AIRES D'ÉTUDE DE DANGERS.....	24
CARTE 8 : DENSITÉ MOYENNE DE FOUDROIEMENT PAR DÉPARTEMENT (MÉTÉORAGE).....	26
CARTE 9 : ZONAGE SISMIQUE EN FRANCE (MEDDE).....	27
CARTE 10 : LES RISQUES NATURELS SUR L'AIRES D'ÉTUDE DE DANGERS.....	28
CARTE 11 : LES VOIES DE COMMUNICATION, LES RÉSEAUX ET LES CANALISATIONS DE L'AIRES D'ÉTUDE DE DANGERS.....	30
CARTE 12 : LES ENJEUX DE L'AIRES D'ÉTUDE DE DANGERS.....	32
CARTE 13 : LA FRÉQUENTATION DE L'AIRES D'ÉTUDE DE DANGERS.....	33
CARTE 14 : LES INSTALLATIONS ET AMÉNAGEMENTS DU PROJET DU BOIS DROUET SUR FOND IGN.....	36
CARTE 15 : LES INSTALLATIONS ET AMÉNAGEMENTS DU PROJET DU BOIS DROUET SUR PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE.....	37
CARTE 16 : LA ZONE D'EMPRISE DU RISQUE D'EFFONDREMENT D'UNE ÉOLIENNE.....	58
CARTE 17 : LA ZONE D'EMPRISE DU RISQUE DE CHUTE DE GLACE.....	60
CARTE 18 : LA ZONE D'EMPRISE DU RISQUE DE CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE.....	62
CARTE 19 : LA ZONE D'EMPRISE DU RISQUE DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE.....	64
CARTE 20 : LA ZONE D'EMPRISE DU RISQUE DE PROJECTION DE GLACE.....	66
CARTE 21 : LA SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS D'ACCIDENT DE L'ÉTUDE DE DANGERS DE L'ÉOLIENNE EBOD1.....	69
CARTE 22 : LA SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS D'ACCIDENT DE L'ÉTUDE DE DANGERS DE L'ÉOLIENNE EBOD2.....	70
CARTE 23 : LA SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS D'ACCIDENT DE L'ÉTUDE DE DANGERS DE L'ÉOLIENNE EBOD3.....	71

## TABLE DES PHOTOGRAPHIES

PHOTO 1 : EXEMPLE DE PANNEAU DE PRÉVENTION DES RISQUES SUR UN PARC ÉOLIEN.....	14
PHOTO 2 : PARC ÉOLIEN DE FRÉNOUVILLE À L'OUVEST DU PROJET ÉOLIEN DU BOIS DROUET.....	23
PHOTO 3 : CARRIÈRE AU SUD DU PROJET ÉOLIEN DU BOIS DROUET.....	23
PHOTO 4 : GARAGES DE STOCKAGE EN LOCATION AU SUD DU PROJET ÉOLIEN DU BOIS DROUET.....	24
PHOTO 5 : CHEMIN AGRICOLE DE RANDONNÉE À L'EST DU PROJET ÉOLIEN DU BOIS DROUET.....	24
PHOTO 6 : CULTURE D'OLÉAGINEUX AU SEIN DE L'AIRES D'ÉTUDE DE DANGERS.....	24
PHOTO 7 : PARCELLE BOISÉE EN BORDURE DE RD41 AU SUD DE L'AIRES D'ÉTUDE DE DANGERS.....	26

## TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : VOLUME DES ACTIVITÉS DU PARC ÉOLIEN DU BOIS DROUET.....	8
TABLEAU 2 : LE GABARIT MAXIMUM DES ÉOLIENNES DU PROJET ÉOLIEN DU BOIS DROUET.....	8
TABLEAU 3 : LES AMÉNAGEMENTS ANNEXES DU PROJET ÉOLIEN.....	8
TABLEAU 4 : DISTANCE ENTRE LES HABITATIONS, ZONES URBANISABLES À DESTINATION ET LES ÉOLIENNES LES PLUS PROCHES.....	10
TABLEAU 5 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS.....	13
TABLEAU 6 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012).....	14
TABLEAU 7 : RUBRIQUE ET RÉGIMES ICPE APPLICABLES AUX ÉOLIENNES.....	18
TABLEAU 8 : PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE CENTRALE ÉOLIENNE DU BOIS DROUET (CEBOD).....	19
TABLEAU 9 : DONNÉES DE POPULATION ET DE SUPERFICIE EN 2017 (INSEE).....	22
TABLEAU 10 : DISTANCE ENTRE LES HABITATIONS, ZONES URBANISABLES À DESTINATION ET LES ÉOLIENNES LES PLUS PROCHES.....	22
TABLEAU 11 : INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT DANS L'AIRES D'ÉTUDE IMMÉDIATE.....	23
TABLEAU 12 : LES TEMPÉRATURES MOYENNES MENSUELLES EN °C ENTRE 1991 ET 2020 (MÉTÉO CLIMAT).....	25
TABLEAU 13 : LES PRÉCIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES EN MM ENTRE 1991 ET 2020 (MÉTÉO CLIMAT).....	25
TABLEAU 14 : L'ENSOLEILLEMENT MOYEN MENSUEL EN H ENTRE 1991 ET 2020 (MÉTÉO CLIMAT).....	25
TABLEAU 15 : LE NOMBRE MOYEN DE JOURS DE GELÉE PAR MOIS ENTRE 1991 ET 2020 (MÉTÉO CLIMAT).....	25
TABLEAU 16 : PRINCIPAUX RISQUES NATURELS RECENSÉS SUR LES COMMUNES DE L'AIRES D'ÉTUDE DE DANGERS.....	25
TABLEAU 17 : ARRÊTÉS DE RECONNAISSANCE DE CATASTROPHES NATURELLES RECENSÉS SUR LES COMMUNES DE L'AIRES D'ÉTUDE DE DANGERS.....	26

TABLEAU 18 : LES CAVITÉS DE L'AIRES D'ÉTUDE IMMÉDIATE (BRGM).....	27
TABLEAU 19 : CLASSE D'UN OUVRAGE DE DIGUE OU DE BARRAGE AU REGARD DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT.....	28
TABLEAU 20 : VOIE DE COMMUNICATION RECENSÉE DANS L'AIRES D'ÉTUDE DE DANGERS.....	29
TABLEAU 21 : LES RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS RECENSÉS DANS L'AIRES D'ÉTUDE DE DANGERS.....	29
TABLEAU 22 : COORDONNÉES GPS ET ALTITUDE DES ÉOLIENNES.....	35
TABLEAU 23 : COORDONNÉES GPS ET ALTITUDE DES POSTES DE LIVRAISON ÉLECTRIQUE (PDL).....	35
TABLEAU 24 : LA DESCRIPTION DES ÉLÉMENTS CONSTITUANT L'INSTALLATION.....	38
TABLEAU 25 : LES DANGERS POTENTIELS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	41
TABLEAU 26 : AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX ACTIVITÉS HUMAINES.....	46
TABLEAU 27 : AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX PHÉNOMÈNES NATURELS.....	47
TABLEAU 28 : LES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS.....	47
TABLEAU 29 : LA DESCRIPTION DES 12 FONCTIONS DE SÉCURITÉ (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012).....	49
TABLEAU 30 : JUSTIFICATION DES SCÉNARIOS EXCLUS DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012).....	53
TABLEAU 31 : LES NIVEAUX D'INTENSITÉ.....	54
TABLEAU 32 : LES NIVEAUX DE GRAVITÉ.....	55
TABLEAU 33 : INTENSITÉ DU SCÉNARIO « EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE ».....	56
TABLEAU 34 : GRAVITÉ DU SCÉNARIO « EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE ».....	56
TABLEAU 35 : PROBABILITÉ DU SCÉNARIO « EFFONDREMENT D'UNE ÉOLIENNE ».....	57
TABLEAU 36 : ACCEPTABILITÉ DU SCÉNARIO « EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE ».....	57
TABLEAU 37 : INTENSITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE DE GLACE ».....	58
TABLEAU 38 : GRAVITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE DE GLACE ».....	59
TABLEAU 39 : ACCEPTABILITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE DE GLACE ».....	59
TABLEAU 40 : INTENSITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE ».....	60
TABLEAU 41 : GRAVITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE ».....	61
TABLEAU 42 : ACCEPTABILITÉ DU SCÉNARIO « CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE ».....	61
TABLEAU 43 : INTENSITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE ».....	62
TABLEAU 44 : GRAVITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE ».....	63
TABLEAU 45 : PROBABILITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE ».....	63
TABLEAU 46 : ACCEPTABILITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE ».....	64
TABLEAU 47 : INTENSITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE ».....	65
TABLEAU 48 : GRAVITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE ».....	65
TABLEAU 49 : ACCEPTABILITÉ DU SCÉNARIO « PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE ».....	66
TABLEAU 50 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS.....	67
TABLEAU 51 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012).....	67
TABLEAU 52 : SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX RISQUES IDENTIFIÉS.....	72

## TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : LES DIMENSIONS MAXIMALES DU GABARIT D'ÉOLIENNE ENVISAGÉ.....	8
FIGURE 2 : LA DÉMARCHÉ GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE DE DANGERS.....	18
FIGURE 3 : SCHÉMA SIMPLIFIÉ D'UN AÉROGÉNÉRATEUR.....	34
FIGURE 4 : LES EMPRISES AU SOL D'UNE ÉOLIENNE ET DE SES AMÉNAGEMENTS ANNEXES.....	35
FIGURE 5 : GABARIT MAXIMUM DES ÉOLIENNES DU PROJET DU BOIS DROUET.....	35
FIGURE 6 : LE RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE DES INSTALLATIONS.....	40
FIGURE 7 : RÉPARTITION DES ÉVÈNEMENTS ACCIDENTELS ET DE LEURS CAUSES EN FRANCE (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012).....	43
FIGURE 8 : RÉPARTITION DES ÉVÈNEMENTS ACCIDENTELS DANS LE MONDE (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012).....	44
FIGURE 9 : RÉPARTITION DES CAUSES PREMIÈRES D'EFFONDREMENT (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012).....	44
FIGURE 10 : RÉPARTITION DES CAUSES PREMIÈRES DE RUPTURE DE PALE (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012).....	44
FIGURE 11 : RÉPARTITION DES CAUSES PREMIÈRES D'INCENDIE (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE, MAI 2012).....	44
FIGURE 12 : L'ÉVOLUTION DU NOMBRE D'INCIDENTS ANNUELS EN FRANCE ET DE LA PUISSANCE ÉOLIENNES INSTALLÉE (SOURCES : RTE, ENEDIS, BASE ARIA).....	45
FIGURE 13 : LE NOMBRE DE PERSONNES EXPOSÉES SUR LES VOIES DE COMMUNICATION STRUCTURANTES EN FONCTION DU LINÉAIRE ET DU TRAFIC.....	73

## A. PRÉAMBULE

La présente étude de dangers constitue une des pièces du dossier de demande d'autorisation environnementale du projet éolien du BOIS DROUET 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 1/25 000
- Pièce 11 : éléments graphiques, plans ou cartes
- Pièce 12 : plan d'ensemble à l'échelle 1/1 000
- 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 approuvé par la DGPR dans sa version de mai 2012.

Le projet se situe sur la commune de Bellengreville dans le département du Calvados en région Normandie. 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 société VENSOLAIR spécialisée dans le développement de projets d'énergies renouvelables. Il est développé pour le compte de la société CENTRALE ÉOLIENNE DU BOIS DROUET (CEBOD) qui sera en charge de la construction et de l'exploitation du parc éolien.

Le contact de la personne chargée du dossier est détaillé ci-après :

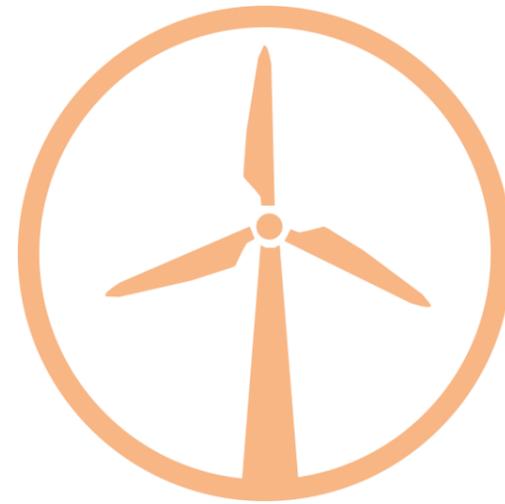
LOQUET Benoit  
 VENSOLAIR  
 Avenue des Hauts Grigneux  
 Immeuble MACH 3  
 76420 BIHOREL  
[b.loquet@vensolair.fr](mailto:b.loquet@vensolair.fr)



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

GLÉMIN Emmanuel  
 ENVIROCITÉ  
 29, avenue René Gasnier  
 49100 ANGERS  
[emmanuelglemin@envirocite.fr](mailto:emmanuelglemin@envirocite.fr)





# RÉSUMÉ NON TECHNIQUE DE L'ÉTUDE DE DANGERS

## B. LE CONTEXTE GÉNÉRAL

### B.1 L'OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS

Le projet éolien du BOIS DROUET, porté par la société Centrale éolienne du Bois Drouet (CEBOD), 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'explicitier la probabilité et la cinétique des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie agrégée par type d'effet des zones de risques significatifs. »

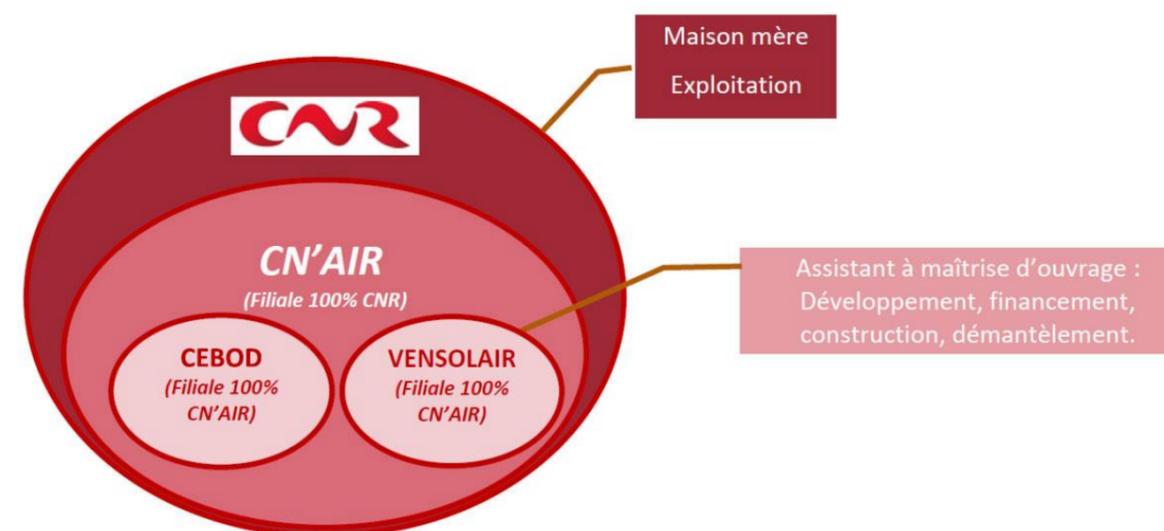
### B.2 L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS

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.

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 pétitionnaire de la demande d'autorisation environnementale est la société CENTRALE ÉOLIENNE DU BOIS DROUET (CEBOD) filiale à 100% de la société CN'AIR, elle-même filiale à 100% de la société COMPAGNIE NATIONALE DU RHÔNE (CNR). Le projet éolien a été développé par la société VENSOLAIR, elle-même filiale à 100% de la société CN'AIR. VENSOLAIR sera également chargé du financement et de la construction du parc éolien. CNR se chargera par la suite de son exploitation.



**Le présent résumé non technique vise à présenter une synthèse des dangers potentiels induits par le parc éolien du BOIS DROUET porté par la société Centrale éolienne du Bois Drouet, filiale à 100% de la société CN'AIR, elle-même filiale de la maison mère CNR.**

## C. LA DESCRIPTION DU PROJET ÉOLIEN

### C.1 LA NATURE ET LE VOLUME DES ACTIVITÉS

Le parc éolien du BOIS DROUET constitue une installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent regroupant plusieurs aérogénérateurs. Le volume des activités du parc éolien du BOIS DROUET est présenté dans le tableau ci-après.

Tableau 1 : volume des activités du parc éolien du BOIS DROUET

CARACTÉRISTIQUES	VOLUME
Nombre d'éoliennes	3
Puissance électrique unitaire de chaque éolienne	4,8 MW maximum
Puissance électrique totale du parc éolien	14,4 MW maximum
Production électrique annuelle estimée	36 000 000 MWh environ
Production électrique estimée sur 20 ans	720 000 000 MWh environ

Le parc éolien du BOIS DROUET permettra une production électrique annuelle permettant d'alimenter la consommation domestique d'environ 16 600 habitants (sur la base d'une consommation moyenne de 2 168 kWh par habitant).

### C.2 LA DESCRIPTION DES INSTALLATIONS

Le parc éolien du BOIS DROUET sera constitué de manière permanente des installations et aménagements suivants :

- 3 éoliennes sur fondation ;
- 3 plateformes de grutage au pied des éoliennes ;
- 2 postes de livraison électrique (PDL) et un réseau de câbles électriques inter-éolien ;
- 2 chemins d'accès permanents créés à l'éolienne EBOD2 et aux postes de livraison ;
- Des aménagements temporaires pour accéder aux éoliennes et aux postes de livraison en phase chantier.

À ce stade de conception du projet, aucun modèle précis d'éolienne ne peut être défini. Les constructeurs d'aérogénérateurs font régulièrement évoluer leurs gammes de produits et les délais d'instruction et d'autorisation des projets éoliens sont relativement longs. Il est donc impossible de prédire quelques années à l'avance le modèle précis qui sera installé, au risque que celui-ci ne soit plus fabriqué au moment de la construction du parc éolien. En revanche, 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.

Tableau 2 : le gabarit maximum des éoliennes du projet éolien du BOIS DROUET

CARACTÉRISTIQUES DES ÉOLIENNES	VOLUME
Hauteur au moyeu	105 m maximum
Diamètre du rotor	120 m maximum
Hauteur totale (bout de pale)	150 m maximum
Garde au sol	30 m minimum

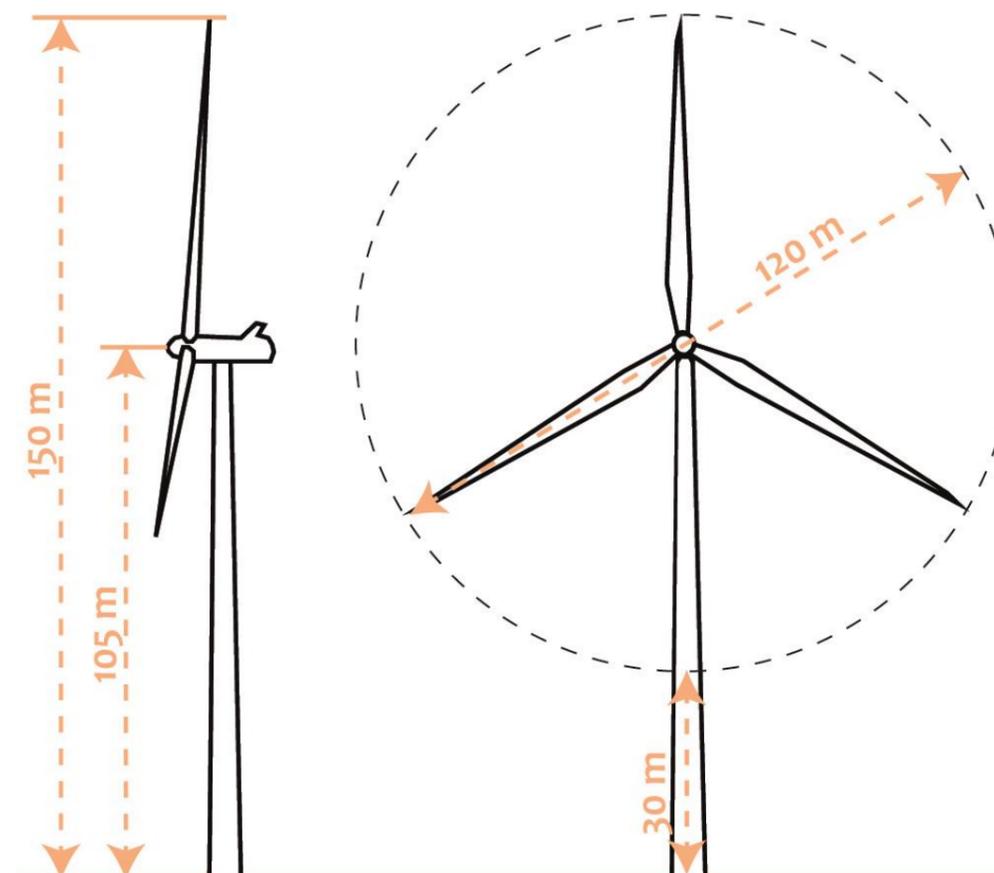


Figure 1 : les dimensions maximales du gabarit d'éolienne envisagé

Ces installations seront accompagnées d'aménagements permettant la construction et l'exploitation du parc éolien. Ils seront pour partie temporaires (uniquement en phase chantier) et pour partie permanent (durant la phase chantier et l'exploitation des installations). La temporalité et l'emprise de ces aménagements sont présentés ci-après.

Tableau 3 : les aménagements annexes du projet éolien

TYPE D'AMÉNAGEMENT	TEMPORALITÉ	SUPERFICIE PAR ÉOLIENNE	SUPERFICIE TOTALE
Fondation d'éoliennes	Permanent	380 m <sup>2</sup>	1 140 m <sup>2</sup>
Aire de grutage	Permanent	1 800 m <sup>2</sup>	5 400 m <sup>2</sup>
Aire de stockage	Temporaire	1 000 m <sup>2</sup>	3 000 m <sup>2</sup>
Postes électriques et plateforme	Permanent	/	399 m <sup>2</sup>
Chemin d'accès créé	Permanent	/	1 135 m <sup>2</sup>
Virage aménagé pour le chantier	Temporaire	/	4 087 m <sup>2</sup>

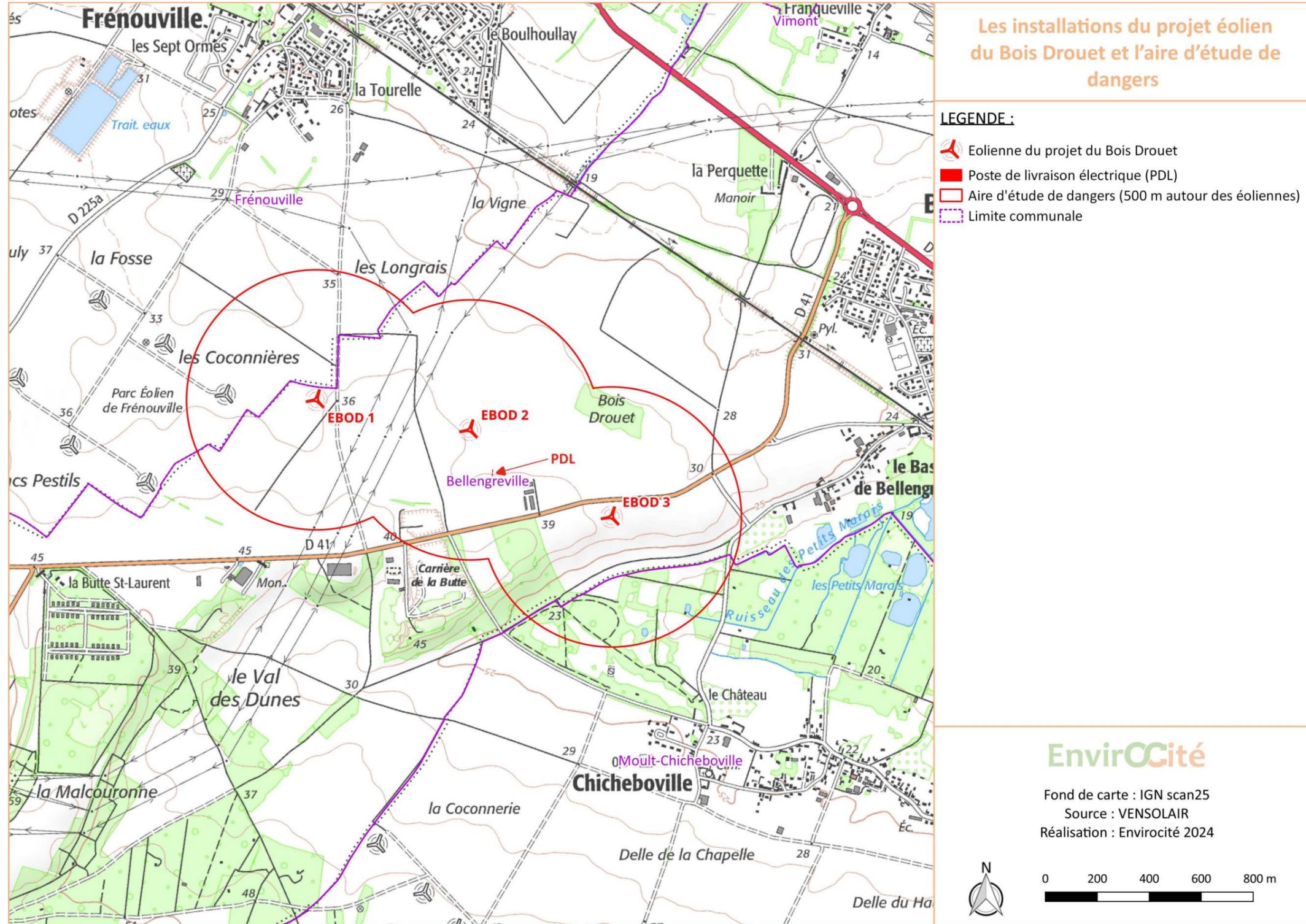
Les aménagements annexes induiront une emprise au sol totale de 12 562 m<sup>2</sup> en période de chantier puis 7 634 m<sup>2</sup> en période d'exploitation des installations.

### C.3 LA LOCALISATION DES INSTALLATIONS

Les installations projetées seront exclusivement localisées sur la commune de Bellengreville dans le département du Calvados en région Normandie. La localisation précise des installations et des aménagements annexes est présentée sur la carte ci-après.



Le parc éolien du BOIS DROUET sera constitué de 3 éoliennes, 2 postes de livraison et 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...).



Carte 1 : le projet éolien du BOIS DROUET et l'aire d'étude de dangers

## D. LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT

### D.1 L'ENVIRONNEMENT HUMAIN

#### D.1.1 L'HABITAT

Le projet éolien du BOIS DROUET se localise exclusivement sur la commune de Bellengreville. Les distances entre les habitations (et zones urbanisables à destination d'habitation) et les éoliennes les plus proches de l'installation sont présentées ci-dessous. L'habitation la plus proche (au lieu-dit le Bas de Bellengreville) est située à 620 m de l'éolienne EBOD3. Aucun lieu habité n'est donc recensé dans l'aire d'étude de dangers.

Tableau 4 : distance entre les habitations, zones urbanisables à destination et les éoliennes les plus proches

ÉOLIENNE	LIEU DE VIE LE PLUS PROCHE		ZONE URBANISABLE À DESTINATION D'HABITATION LA PLUS PROCHE	
	NOM DU LIEU DE VIE	DISTANCE AU MÂT DE L'ÉOLIENNE	COMMUNE DE LA ZONE CONCERNÉE	DISTANCE AU MÂT DE L'ÉOLIENNE
EBOD1	La Tourelle (sud bourg Frénouville)	1 035 m	Frénouville	1 025 m
EBOD2	Le Boulhoullay (est bourg Frénouville)	1 205 m	Frénouville	1 170 m
EBOD3	Le Bas de Bellengreville	620 m	Bellengreville	600 m

#### D.1.2 LES ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC

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

#### D.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.

Deux installations classées pour la protection de l'environnement sont répertoriées au sein de l'aire d'étude de dangers :

- Une éolienne du parc de Frénouville, localisée à 350 m à l'ouest de l'éolienne EBOD1. Cette installation est soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 des ICPE ;
- La carrière SCTA qui exploite des gravières et sablières pour l'extraction de matériaux du sous-sol. Cet établissement est scindé en deux, de part et d'autre de la RD41. Le secteur nord, situé à 305 m de l'éolienne EBOD2, n'est concerné que par l'extraction de matériaux.

La fréquentation et les risques liés à ces installations classées ont été pris en compte dans l'étude de dangers du parc éolien du BOIS DROUET.

#### D.1.4 LES AUTRES ACTIVITÉS

L'activité agricole est très majoritairement recensée au sein de l'aire d'étude de dangers. La mise en valeur des parcelles est essentiellement tournée vers les céréales (blé, orge) et dans une moindre mesure à la culture de la betterave sucrière, l'assolement variant d'une année sur l'autre.

Des garages de stockage en location spécialisés dans l'accueil de camping-cars et caravanes sont également présents au sein de l'aire d'étude de dangers. Ces bâtiments se situent, pour le plus proche, à 80 m au sud-est de l'éolienne EBOD2.

Plusieurs chemins agricoles sont inscrits comme circuits locaux de randonnée pédestre au sein de l'aire d'étude de dangers. Il s'agit de sentiers pédestres locaux sans mise en valeur importante (pas de GR ou GRP) qui s'inscrivent essentiellement au sein de parcelles de grandes cultures.

### D.2 L'ENVIRONNEMENT NATUREL

#### D.2.1 LES RISQUES CLIMATIQUES

L'aire d'étude de dangers se localise sur la partie nord-ouest du territoire français, elle est concernée par un climat océanique qui présente les caractéristiques suivantes :

- Des températures douces toute l'année avec un minimum de 5,6°C recensé en moyenne au mois de janvier et un maximum de 18,3°C recensé en moyenne au mois d'août ;
- Des précipitations régulières sur l'année avec un maximum de 80,7 mm recensé en décembre et un minimum de 49 mm recensé en mai ;
- Un ensoleillement modéré avec de grandes différences saisonnières, le maximum de 226 h par mois est recensé en juillet et le minimum de 62,7 heures par mois est recensé en décembre ;
- Des gelées assez fréquentes en hiver avec 28,7 jours en moyenne de températures inférieures à 0°C relevés chaque année mais de fortes gelées ( $T \leq -5^{\circ}\text{C}$ ) assez rares avec seulement 3 jours recensés en moyenne par an.

Le climat n'induit donc pas de risques climatiques marqués sur l'aire d'étude de dangers.

#### D.2.2 LES RISQUES NATURELS

Les risques naturels ayant fait l'objet d'arrêtés de catastrophes naturelles sur les communes concernées par l'aire d'étude de dangers concernent essentiellement les inondations, les coulées de boue, les mouvements de terrain, les inondations par remontée de nappe et les tempêtes.

Les risques naturels identifiés sur l'aire d'étude de dangers sont les suivants :

- Un risque très faible de foudroiement lié aux orages avec en moyenne 0,3 arcs/km<sup>2</sup>/an ;
- Un risque de tempête modéré au regard de la position de l'aire d'étude de dangers à environ 18 km de la façade littorale de la Manche ;
- Un risque d'incendie ponctuel jugé faible aux abords immédiats des parcelles boisées ;
- Un risque sismique faible ;
- Un risque de cavité faible avec l'absence de cavité répertoriée par le BRGM dans l'aire d'étude de dangers ;
- Un aléa retrait/gonflement d'argiles nul au droit des éoliennes projetées ;
- 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.

Aucun risque naturel notable ne concerne donc l'aire d'étude de dangers.

## D.3 L'ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

### D.3.1 LES CONTRAINTES AÉRONAUTIQUES

Consultés dans le cadre du projet, les services de l'Armée indiquent qu'un projet éolien de 10 aérogénérateurs d'une hauteur sommitale de 200 mètres, pale haute à la verticale, au droit de la zone d'implantation du projet, ne fait l'objet d'aucune prescription locale des services de l'armée.

Consultée dans le cadre du projet, la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) a émis un avis favorable pour l'implantation d'éoliennes d'une hauteur hors sol de 150 mètres, soit une altitude sommitale maximale de 187 mètres NGF, sur la zone d'implantation du projet et donc au sein de la CTR de l'aérodrome de Caen. La DGAC demande toutefois un préavis de 6 mois pour la mise à jour des procédures qui devra impérativement être respecté avant le montage effectif des éoliennes, afin de mettre à jour la documentation aéronautique (dossier technique des procédures).

Les trois éoliennes du projet du BOIS DROUET présenteront une hauteur hors sol de 150 mètres, soit une altitude sommitale maximale de 183,5 mètres NGF pour EBOD1, de 185,8 mètres NGF pour EBOD2 et de 184,3 mètres NGF EBOD3. Elles seront donc compatibles avec les activités de l'armée et de l'aviation civile. Les éoliennes seront par ailleurs équipées d'un balisage diurne et nocturne conforme à l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

### D.3.2 LES VOIES DE COMMUNICATION

Deux voies de communication sont recensées dans l'aire d'étude de dangers :

- La RD41 qui relie Fontenay-le-Marmion à Argences en passant par Bellengreville. Cet axe appartient au réseau départemental secondaire d'intérêt intercantonal. Il présentait en 2017 une fréquentation moyenne de 2 704 véhicules par jour. L'éolienne la plus proche (EBOD3) est située à 62 m au sud de cette route départementale ;
- La RD232 qui relie la RD41 au nord au bourg de Chicheboville au sud. Cet axe appartient au réseau départemental secondaire d'intérêt local. Il présentait un trafic journalier moyen de 1 378 véhicules par jour en 2017.

Un projet de contournement sud-est de l'agglomération de Caen est par ailleurs projeté au droit de l'aire d'étude de dangers. Le conseil départemental a été consulté et indique ne pas avoir de tracé précis à ce stade de cette future route départementale. Le fuseau d'étude indiqué dans le PLU du Bellengreville a été pris en compte dans la conception du projet.

Une voie communale reliant la RD41 au bourg de Chicheboville est localisée au sud de l'aire d'étude de dangers. Aucune donnée de trafic n'est disponible pour cet axe local. Un réseau de chemins agricoles est également présent dans l'aire d'étude de dangers, il dessert les parcelles agricoles et n'est utilisé que par les agriculteurs et ponctuellement quelques promeneurs riverains (sentiers locaux de randonnée et circuit VTT).

### D.3.3 LES RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

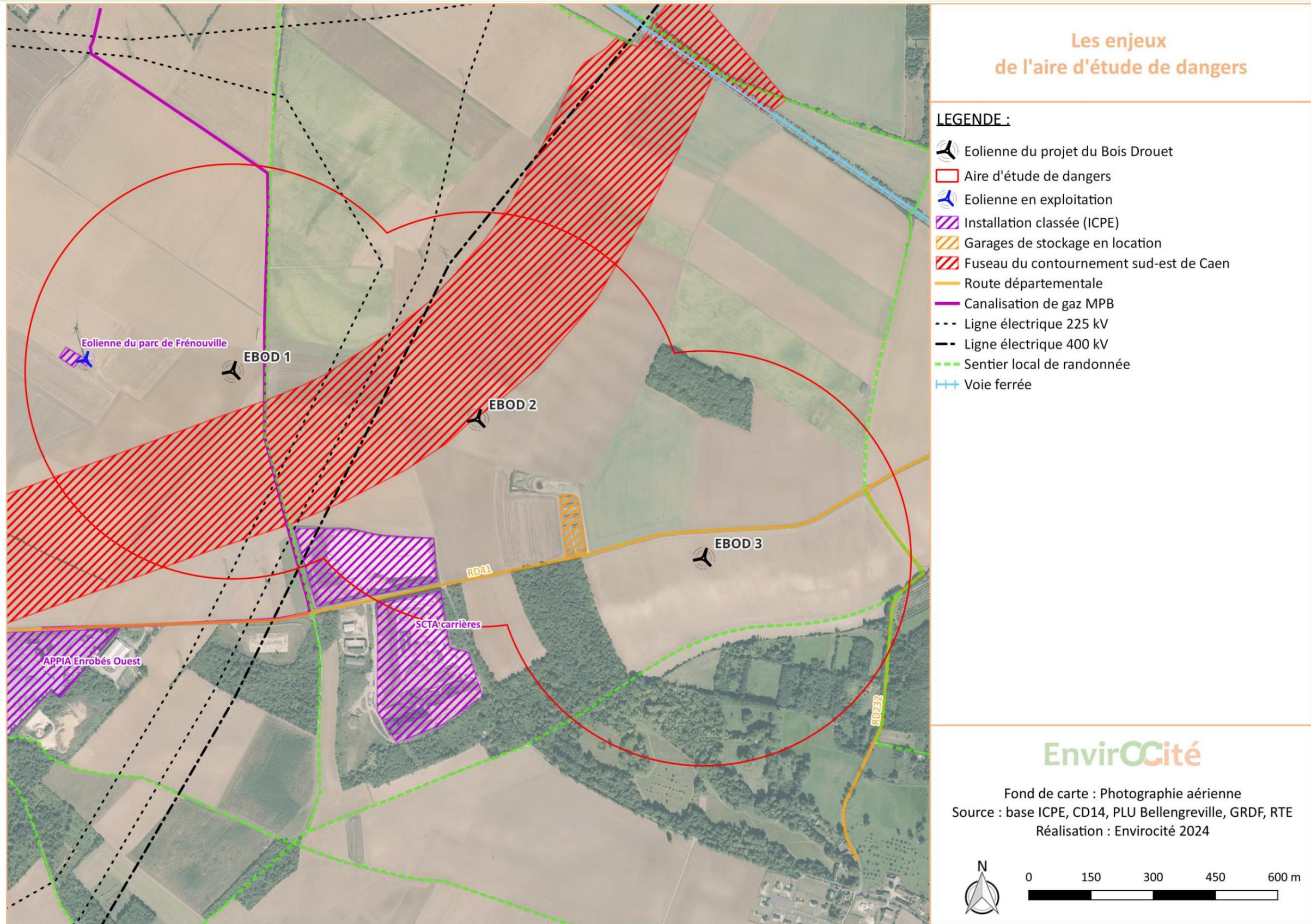
Les principaux réseaux publics et privés présents dans l'aire d'étude de dangers concernent :

- La ligne aérienne 225 000 volts « La Dronnière – Tourbe ». RTE recommande un recul à cette ligne d'une hauteur totale d'éolienne + 24,1 m, soit 174,1 m. L'éolienne la plus proche (EBOD1) sera distante de 206 m de ce réseau et respectera la préconisation de RTE ;
- La ligne aérienne 225 000 volts « Coquainvilliers – La Dronnière ». RTE recommande un recul à cette ligne d'une hauteur totale d'éolienne + 24,1 m, soit 174,1 m. L'éolienne la plus proche (EBOD2) sera distante de 281 m de ce réseau et respectera la préconisation de RTE ;
- La ligne électrique 400 000 volts « Rougemontier – Tourbe ». RTE recommande un recul à cette ligne d'une hauteur totale d'éolienne + 45 m, soit 195 m. L'éolienne la plus proche (EBOD2) sera distante de 226 m de ce réseau et respectera la préconisation de RTE.
- Une canalisation de gaz de moyenne pression (MPB) en polyéthylène PE de 160 mm exploitée par GRDF. Cette canalisation permet d'alimenter en gaz la centrale d'enrobés APPIA au sud de la RD41. Elle située à 76 m à l'est de l'éolienne EBOD1. GRDF n'indique pas de contrainte de recul vis-à-vis de cette canalisation locale pour l'implantation d'éolienne.



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

- **Une très grande majorité de parcelles agricoles de cultures ;**
- **Une partie de la carrière SCTA ;**
- **Une éolienne du parc de Frénoville ;**
- **Des garages de stockage en location ;**
- **Un tronçon de la RD41 et de la RD232 ;**
- **Le fuseau d'étude du contournement sud-est de Caen ;**
- **Un réseau de chemin agricoles accueillant un circuit VTT et des sentiers de randonnée locaux ;**
- **Des lignes électriques HTB exploitées par RTE ;**
- **Une canalisation de gaz MPB exploitée par GRDF.**



Carte 2 : les enjeux de l'aire d'étude de dangers

## E. L'ÉTUDE DES RISQUES D'ACCIDENTS

### E.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.

### E.2 L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

#### E.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.

#### E.2.2 LES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

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

Tableau 5 : synthèse des scénarios étudiés

SCÉNARIO	ZONE D'EFFET	CINÉTIQUE	INTENSITÉ	PROBABILITÉ	GRAVITÉ
Effondrement de l'éolienne (S1)	Disque d'un rayon de 150 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition forte	D	Sérieuse pour EBOD1 et EBOD2
					Importante pour EBOD3
Chute de glace (S2)	Disque d'un rayon de 60 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
Chute d'élément de l'éolienne (S3)	Disque d'un rayon de 60 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	Sérieuse pour EBOD1
					Importante pour EBOD2 et EBOD3
Projection de glace (S5)	Disque d'un rayon de 337,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée pour EBOD1
					Sérieuse pour EBOD2 et EBOD3

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.

Tableau 6 : synthèse des scénarios étudiés (source : guide technique, mai 2012)

GRAVITÉ DES CONSÉQUENCES	CLASSE DE PROBABILITÉ				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		S1 (EBOD3) S4 (EBOD2 et EBOD3)			
Sérieux		S1 (EBOD1 et EBOD2) S4 (EBOD1)	S3	S5 (EBOD2 et EBOD3)	
Modéré				S5 (EBOD1)	S2

Légende de la matrice :

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

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

### E.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 (chute de glace et chute d'éléments pour toutes les éoliennes ; effondrement d'éolienne, projection de pale et projection de glace pour EBOD2 et EOD3), 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.



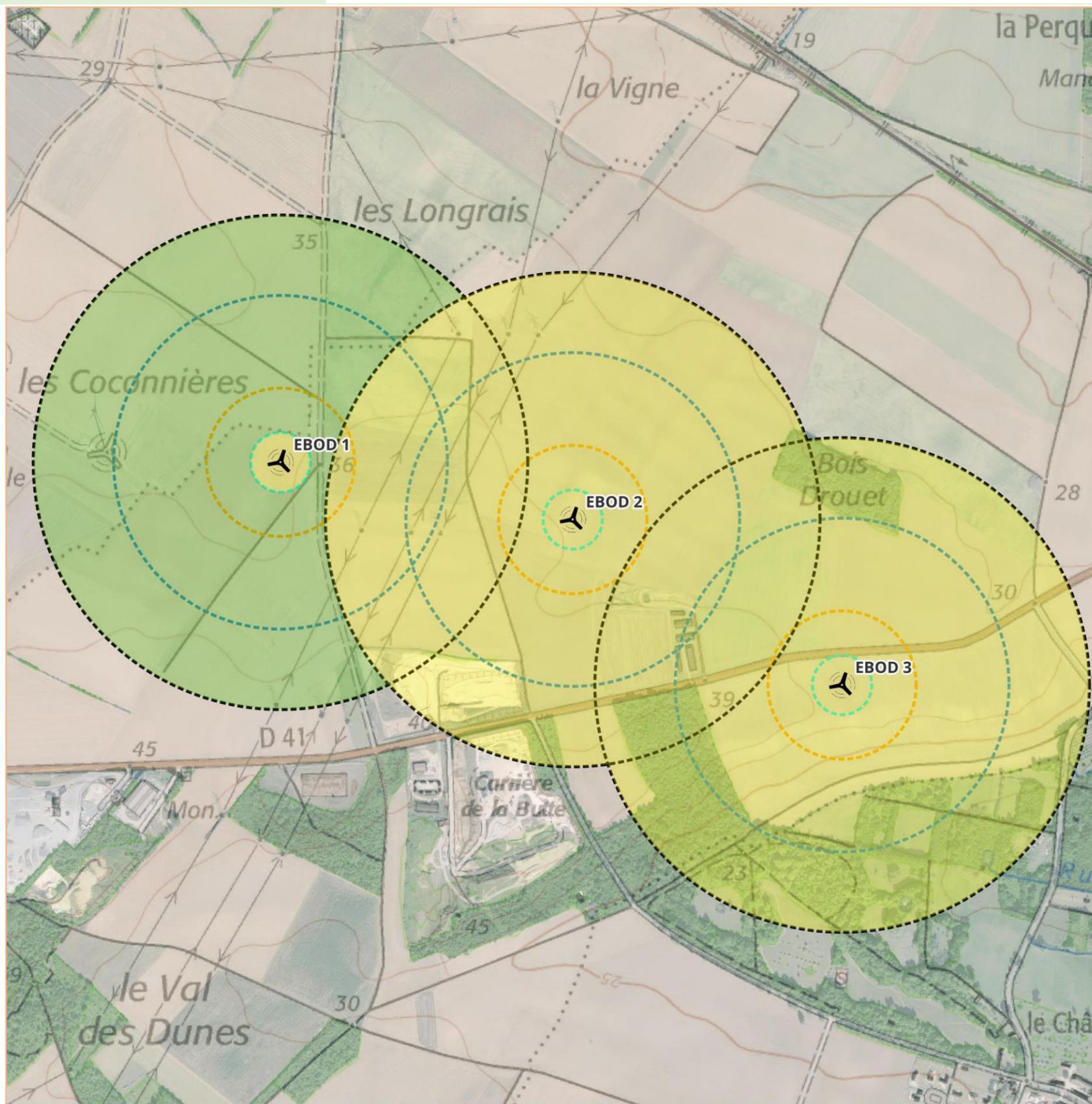
Photo 1 : exemple de panneau de prévention des risques sur un parc éolien



Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- Trois scénarios d'accidents sont jugés acceptables pour l'éolienne EBOD1 (effondrement de l'éolienne, projection de pale et projection de glace) et un scénario pour l'éolienne EBOD2 (effondrement de l'éolienne). Ils ne nécessitent pas de mesure de maîtrise de risque particulière ;
- Deux scénarios pour l'ensemble des éoliennes (chute de glace et chute d'éléments) ainsi que deux scénarios pour l'éolienne EBOD2 (projection de pale et projection de glace) et trois scénarios pour l'éolienne EBOD3 (effondrement de l'éolienne, projection de pale et projection de glace) figurent en case jaune pour un risque acceptable sous condition de mise en œuvre de mesures de maîtrise de risque. Ces mesures ont été détaillées dans l'étude et permettent de rendre acceptable les risques concernés ;

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



### La synthèse de l'acceptabilité des risques du projet éolien du Bois Drouet

**LEGENDE :**

-  Eolienne du projet du Bois Drouet
-  Zone de risque très faible (acceptable)
-  Zone de risque faible (acceptable)
-  Limite d'effet du risque de chute de glace et d'éléments (60 m)
-  Limite d'effet du risque d'effondrement d'eolienne (150 m)
-  Limite d'effet du risque de projection de glace (337,5 m)
-  Limite d'effet du risque de projection de pale (500 m)

**EnviroCité**

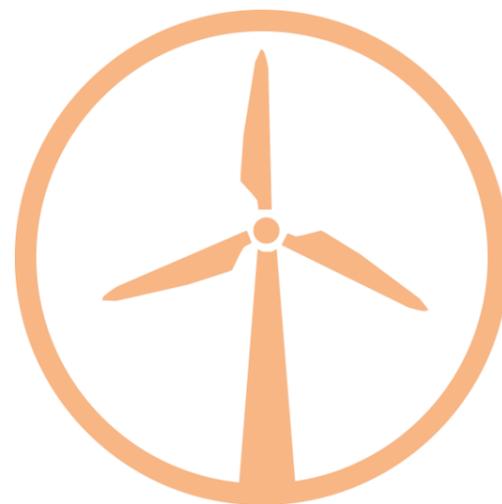
Fond de carte : Photographie aérienne et IGN Scan25

Source : Envirocité

Réalisation : Envirocité 2024



Carte 3 : la synthèse de l'acceptabilité des risques du projet éolien du BOIS DROUET



# ÉTUDE DE DANGERS

## F. INTRODUCTION

### F.1 LES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par le bureau d'étude ENVIROCITÉ pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du projet de parc éolien du BOIS DROUET situé sur la commune de Bellengreville.

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 trois éoliennes du parc du BOIS DROUET. 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 du BOIS DROUET, 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.

### F.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.installationsclassées.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.

### F.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 7 : rubrique et régimes ICPE applicables aux éoliennes

INSTALLATION TERRESTRE DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ À PARTIR DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE DU VENT ET REGROUPANT UN OU PLUSIEURS AÉROGÉNÉRATEURS :		
RUBRIQUE 2980	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 b) Inférieure à 20 MW	Autorisation Déclaration

Le parc éolien du BOIS DROUET 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.

### F.4 LA DÉMARCHÉ GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE DE DANGERS

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

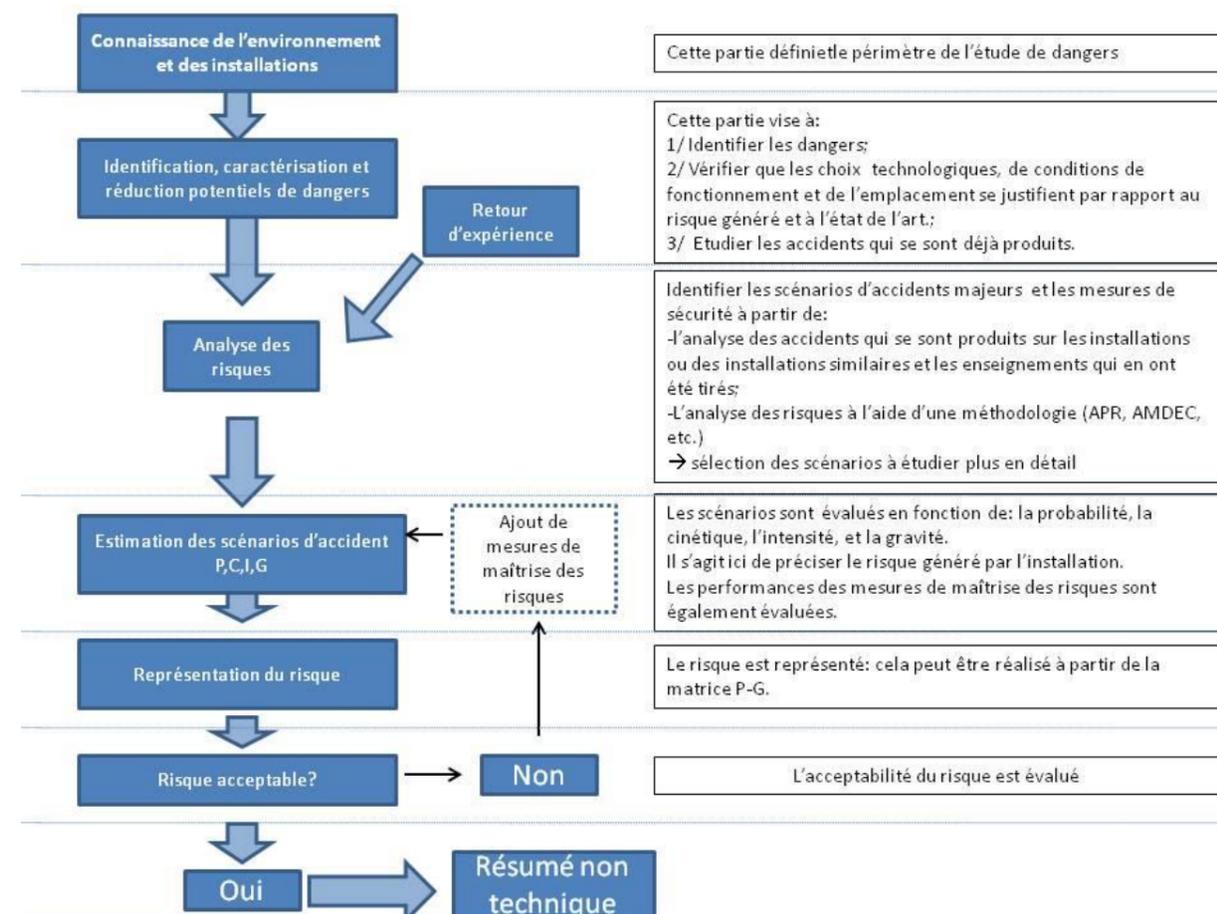


Figure 2 : la démarche générale de l'étude de dangers



**Le parc éolien du BOIS DROUET 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.**

## G. LES INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### G.1 LES RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Le pétitionnaire, demandeur de l'autorisation environnementale pour le parc éolien du BOIS DROUET, est la société CENTRALE ÉOLIENNE DU BOIS DROUET (CEBOD). Cette société est filiale à 100% de la société CN'AIR, elle-même détenue à 100 % par la COMPAGNIE NATIONALE DU RHÔNE (CNR). Elle a spécifiquement été créée pour la construction et l'exploitation du parc éolien du BOIS DROUET.

Le projet a été développé par la société VENSOLAIR, elle-même filiale à 100% de la COMPAGNIE NATIONALE DU RHÔNE.

Tableau 8 : principales caractéristiques de CENTRALE ÉOLIENNE DU BOIS DROUET (CEBOD)

<b>Raison sociale</b>	<b>CENTRALE ÉOLIENNE DU BOIS DROUET</b>
<b>Sigle</b>	CEBOD
<b>Forme juridique</b>	Société par actions simplifiées (Société à associé unique)
<b>Capital social</b>	10 000 €
<b>N° RCS</b>	948 329 685 R.C.S. Montpellier
<b>Nature de l'activité</b>	Production, exploitation, distribution, fourniture, vente d'énergie et développement de tout projet en matière d'énergie
<b>Adresse siège social</b>	Parc Club Millénaire - Bat 4 1025 Avenue Henri Becquerel 34000 MONTPELLIER

### G.2 LA LOCALISATION DU SITE

Le projet éolien du BOIS DROUET, composé de trois aérogénérateurs et deux postes de livraison électrique, est localisé sur la commune de Bellengreville, dans le département du Calvados, en région Normandie.

### G.3 LA DÉFINITION DE L'AIRE D'ÉTUDE

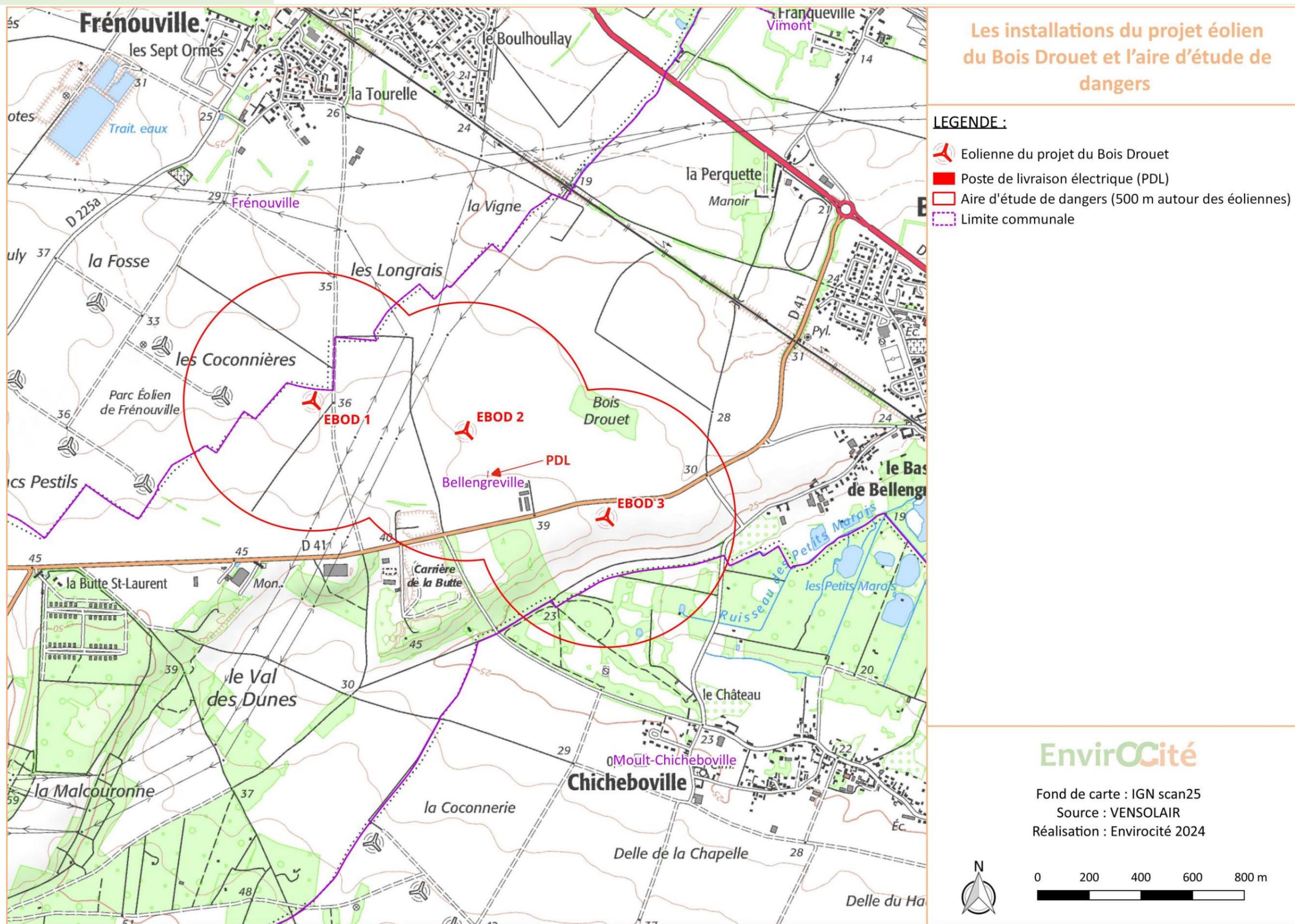
Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne.

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. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe sur le risque de projection de pale ou de fragment de pale. L'aire d'étude de dangers concerne ainsi une partie des communes de Bellengreville, Frénouville et Moul-Chicheboville.

La définition de l'aire d'étude ne prend pas en compte les 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 du BOIS DROUET se compose de trois éoliennes. L'aire d'étude de dangers correspond à un rayon de 500 m autour de ces aérogénérateurs.**



Carte 4 : les installations du projet éolien du BOIS DROUET et l'aire d'étude de dangers sur fond IGN



### Les installations du projet éolien du Bois Drouet et l'aire d'étude de dangers

**LEGENDE :**

-  Eolienne du projet du Bois Drouet
-  Poste de livraison électrique (PDL)
-  Aire d'étude de dangers (500 m autour des éoliennes)

**EnviroCité**

Fond de carte : Photographie aérienne

Source : VENSOLAIR

Réalisation : Envirocité 2024



Carte 5 : les installations du projet éolien du BOIS DROUET et l'aire d'étude de dangers sur photographie aérienne

# H. LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

## H.1 L'ENVIRONNEMENT HUMAIN

### H.1.1 LES ZONES URBANISÉES

Sur le territoire d'étude, l'habitat est principalement regroupé en villages offrant de vastes étendues inhabitées souvent exploitée pour l'agriculture et propices à l'implantation d'éoliennes.

L'aire d'étude de dangers concerne les communes de Bellengreville, Frénoville et Moul-Chicheboville. Ces communes disposaient d'une population totale de 6 536 habitants en 2017. Elles se caractérisent par une importante densité démographique avec des moyennes de 147,1 à 302 habitants par km<sup>2</sup>, assez largement supérieures aux moyennes départementales (125 hab/km<sup>2</sup>) et nationale (118 hab/km<sup>2</sup>). Malgré cette forte densité, et comme indiqué précédemment, la concentration de la population au sein de bourgs denses offre de vastes étendues inhabitées entre les villages.

Tableau 9 : données de population et de superficie en 2017 (INSEE)

COMMUNE	POPULATION	SUPERFICIE EN KM <sup>2</sup>	DENSITÉ EN NOMBRE D'HABITANTS/KM <sup>2</sup>
Bellengreville	1 493	10,2	147,1
Frénoville	1 948	6,5	302,0
Moul-Chicheboville	3 095	17,8	173,9

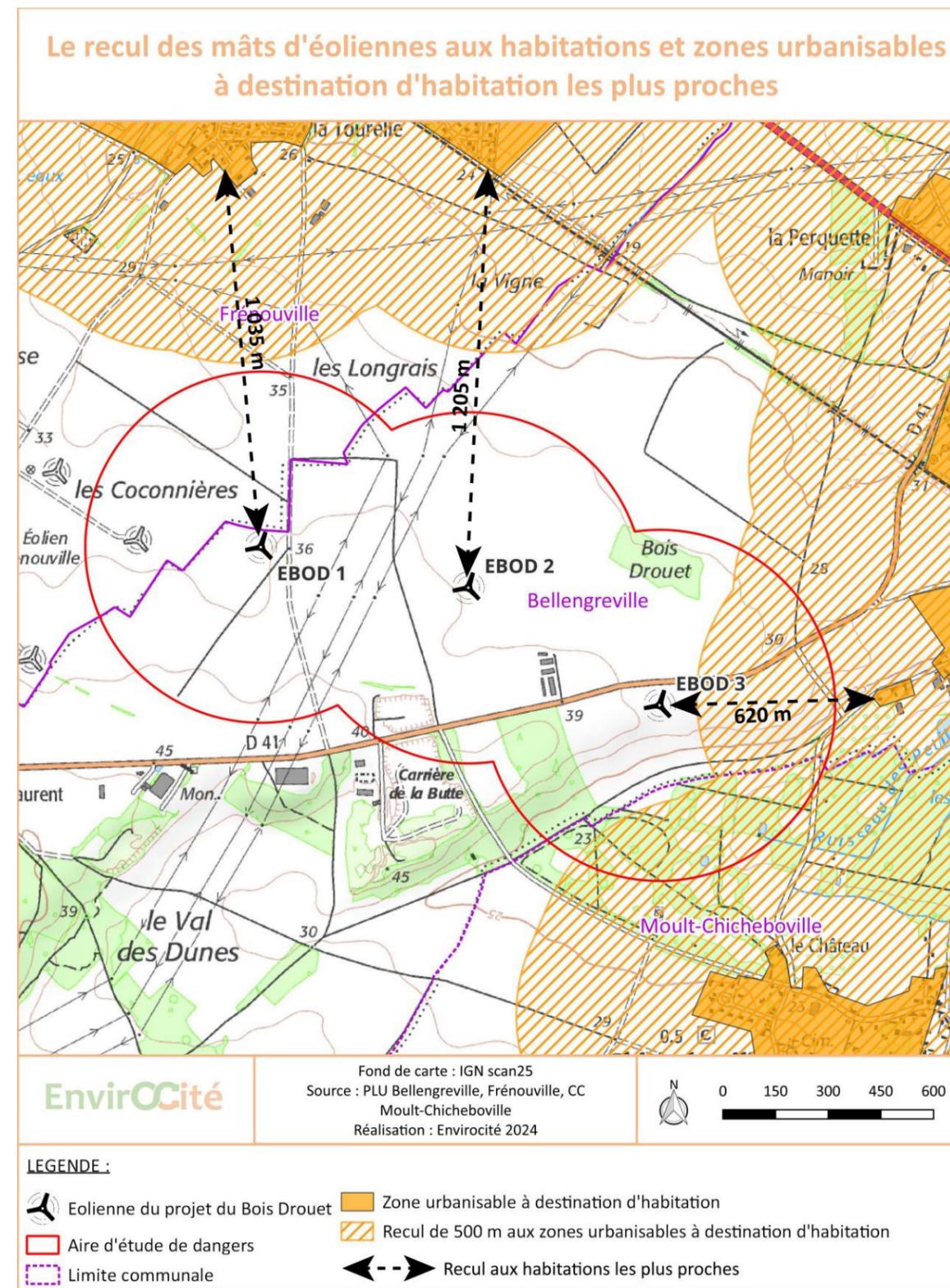
Les distances entre les habitations (et zones urbanisables à destination d'habitation) et les éoliennes les plus proches de l'installation sont présentées ci-dessous et sur la carte suivante.

L'habitation occupée la plus proche est située à 620 m de l'éolienne EBOD3. Aucun lieu habité n'est donc recensé dans l'aire d'étude de dangers.

La zone urbanisable à destination d'habitation la plus proche d'une des éoliennes du projet est localisée à 600 m à l'est d'EBOD3. Il s'agit d'une zone Ah localisée au lieudit le Bas de Bellengreville. Aucune zone urbanisable à destination d'habitation n'est donc recensée dans l'aire d'étude de dangers.

Tableau 10 : distance entre les habitations, zones urbanisables à destination et les éoliennes les plus proches

ÉOLIENNE	LIEU DE VIE LE PLUS PROCHE		ZONE URBANISABLE À DESTINATION D'HABITATION LA PLUS PROCHE	
	NOM DU LIEU DE VIE	DISTANCE AU MÂT DE L'ÉOLIENNE	COMMUNE DE LA ZONE CONCERNÉE	DISTANCE AU MÂT DE L'ÉOLIENNE
EBOD1	La Tourelle (sud du bourg)	1 035 m	Frénoville	1 025 m
EBOD2	Le Boulhoullay (est bourg Frénoville)	1 205 m	Frénoville	1 170 m
EBOD3	Le Bas de Bellengreville	620 m	Bellengreville	600 m



Carte 6 : le recul des mâts d'éoliennes aux habitations et zones urbanisables à destination d'habitation les plus proches

## H.1.2 LES ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

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

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

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

Deux installations classées pour la protection de l'environnement sont répertoriées au sein de l'aire d'étude de dangers :

- Une éolienne du parc de Frénoville, localisée à 350 m à l'ouest de l'éolienne EBOD1. Cette installation est soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 des ICPE. Il s'agit d'une éolienne de modèle Enercon E82 d'une puissance électrique de 2 MW et d'une hauteur totale de 119 m pour un diamètre de rotor de 82 m. Cette installation n'accueille pas de salarié en permanence, elle fait l'objet d'une surveillance à distance. Des techniciens peuvent être amenés à intervenir ponctuellement pour la maintenance préventive ou la réparation de pièces défectueuses. Pour des raisons de sécurité, ils interviennent généralement à deux personnes ;
- La carrière SCTA qui exploite des gravières et sablières pour l'extraction de matériaux du sous-sol. Cet établissement est scindé en deux, de part et d'autre de la RD41. Le secteur nord, situé à 305 m de l'éolienne EBOD2, n'est concerné que par l'extraction de matériaux. Sa fréquentation est donc ponctuelle. Le secteur sud, situé à 380 m de l'éolienne EBOD2, dispose de bâtiments et accueille le stockage de matériaux extraits, il est donc plus fréquenté. Le responsable du site d'exploitation de Bellengreville (M. Toffolutti) a été contacté dans le cadre de la présente étude de dangers, il n'a pas souhaité communiquer de chiffre sur la fréquentation de la carrière. Au regard de la taille du site et des activités qu'il accueille, une fréquentation maximale de 10 personnes a été retenue.

Tableau 11 : installations classées pour la protection de l'environnement dans l'aire d'étude immédiate

NOM	RUBRIQUE	ACTIVITÉ	VOLUME	COMMUNE	DISTANCE À L'ÉOLIENNE LA PLUS PROCHE
FE FRÉNOVILLE	<a href="#">2980</a>	Éoliennes de + de 50 m	12 MW	Frénoville	350 m
SCTA CARRIÈRES	<a href="#">2510</a>	Carrières (exploitation de)	90 000 t/an	Bellengreville	305 m
	<a href="#">2515</a>	Broyage, concassage, criblage... de pierres... et autres minéraux	350 kW		



Photo 2 : parc éolien de Frénoville à l'ouest du projet éolien du Bois Drouet



Photo 3 : carrière au sud du projet éolien du Bois Drouet

## H.1.4 LES AUTRES ACTIVITÉS

L'aire d'étude de dangers accueille des garages de stockage en location spécialisés dans l'accueil de camping-cars et caravanes. Ces bâtiments se situent, pour le plus proche, à 80 m au sud-est de l'éolienne EBOD2. Aucun gardien n'est présent en permanence sur ce site. Les locataires viennent déposer et reprendre leurs camping-cars et caravanes en partant et en revenant de vacances. Les propriétaires ont été contactés par téléphone et indiquent accueillir au maximum en simultanée 8 personnes sur le site lors des périodes de départs ou retours de vacances.

Plusieurs chemins agricoles sont inscrits comme circuits locaux de randonnée pédestre au sein de l'aire d'étude de dangers. Il s'agit de sentiers pédestres locaux sans mise en valeur importante (pas de GR ou GRP) qui s'inscrivent essentiellement au sein de parcelles de grandes cultures. Le passage de randonneurs est donc très limité sur ces cheminements. Un chemin est également concerné par le circuit VTT « Jean-Pierre Olivier » d'une longueur totale de 60 km. Il s'agit également d'un circuit local sans fréquentation importante.



Photo 4 : garages de stockage en location au sud du projet éolien du Bois Drouet

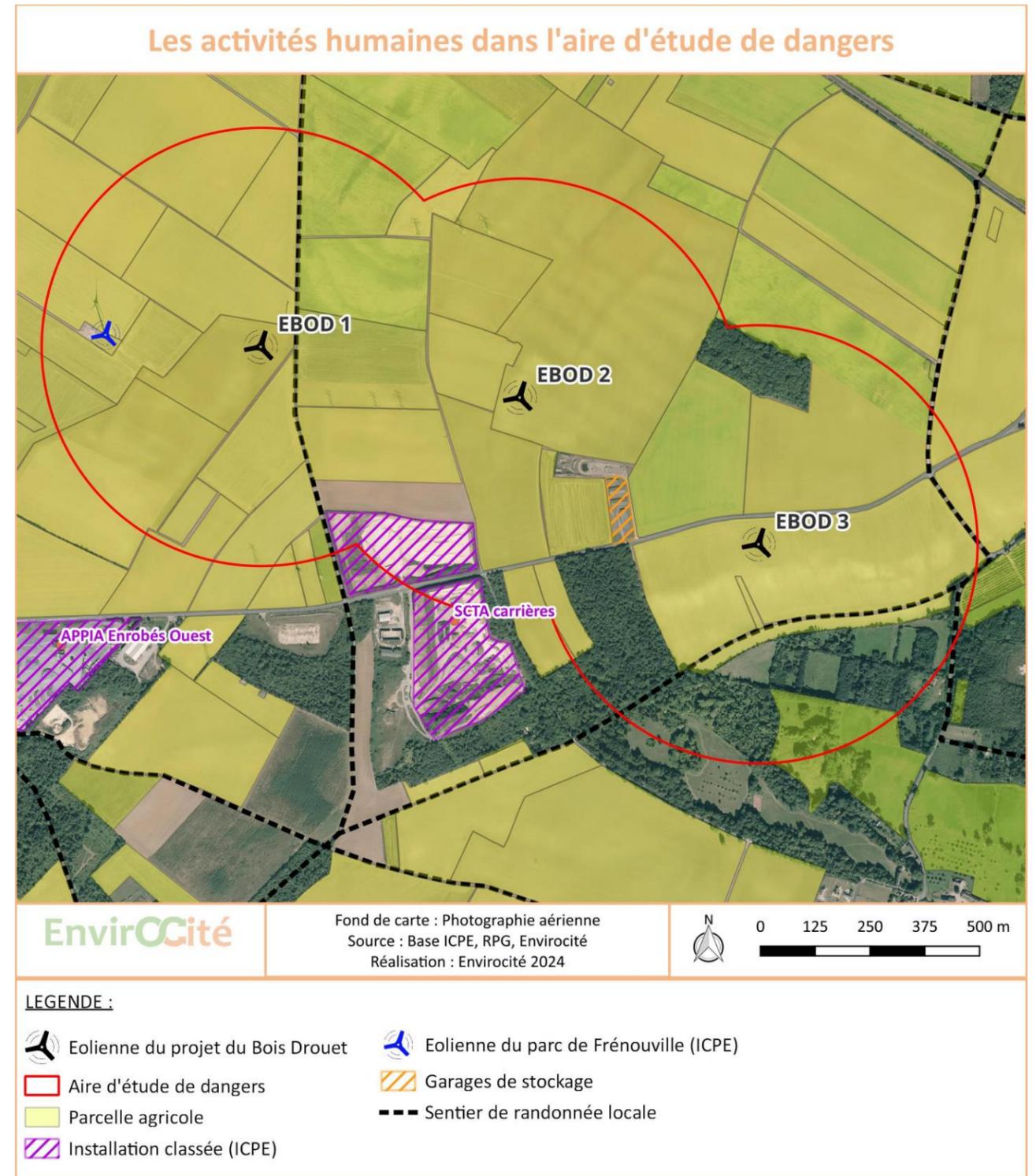


Photo 5 : chemin agricole de randonnée à l'est du projet éolien du Bois Drouet



Photo 6 : culture d'oléagineux au sein de l'aire d'étude de dangers

En dehors des activités précédemment décrites, l'activité économique sur l'aire d'étude de dangers est exclusivement dédiée à l'agriculture. La mise en valeur des parcelles est essentiellement tournée vers les céréales (blé, orge) et dans une moindre mesure à la culture de la betterave sucrière, l'assolement variant d'une année sur l'autre. Il s'agit de cultures très mécanisées demandant très peu de main d'œuvre et donc une fréquentation très faible des parcelles.



Carte 7 : les activités humaines dans l'aire d'étude de dangers

## H.2 L'ENVIRONNEMENT NATUREL

### H.2.1 LE CONTEXTE CLIMATIQUE

Les données climatiques utilisées dans ce chapitre sont issues de la station météorologique de Caen, située à 10 km au nord-ouest de la zone d'implantation potentielle.

#### H.2.1.1 LES TEMPÉRATURES

Avec une moyenne annuelle de l'ordre de 11,5°C, les températures moyennes relevées sont globalement fraîches sur l'année. Ce constat s'explique par la localisation dans la partie nord du territoire métropolitain français et par la proximité de la Manche, vaste masse d'eau régulatrice du climat normand. La présence de la Manche influe également sur la grande régularité des températures sur l'année. Ainsi l'amplitude thermique des moyennes mensuelles ne dépasse pas 13° entre le mois le plus chaud (août) et le mois le plus frais (janvier).

Tableau 12 : les températures moyennes mensuelles en °C entre 1991 et 2020 (Météo Climat)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOYENNE
T°C minimale	2,9	2,7	4,2	5,5	8,5	11,2	13,1	13,3	11,1	8,8	5,6	3,4	7,6
T°C maximale	8,3	9,1	11,7	14,4	17,4	20,5	22,9	23,2	20,4	16,2	11,8	8,8	15,4
T°C moyenne	5,6	6	8	10	13	15,9	18	18,3	15,8	12,6	8,7	6,1	11,5

La période estivale est relativement fraîche avec une température moyenne mensuelle de 18,3°C et une température maximale mensuelle de 23,2°C au mois d'août. L'été n'est donc pas, sur la période étudiée, concerné par de fortes vagues de chaleur ou des canicules notables et régulières.

La période hivernale est quant à elle assez douce avec une température moyenne de l'ordre de 6°C. Cette moyenne tombe à 5,6°C en janvier, et même à 2,9°C pour la moyenne mensuelle minimale relevée. Ces températures moyennes restent toutefois bien supérieures à 0°C.

Si des écarts de températures existent sur l'année, aucune température extrême n'est relevée au droit de la zone d'étude.

#### H.2.1.2 LES PRÉCIPITATIONS

Les précipitations annuelles relevées sont globalement moyennes au regard des données relevées dans la partie nord de la France. La pluviosité atteint en moyenne 735 mm chaque année. La proximité de la Manche favorise les entrées de masses d'air chargées en eau. Toutefois, en l'absence de relief notable, les précipitations enregistrées restent limitées.

Tableau 13 : les précipitations moyennes mensuelles en mm entre 1991 et 2020 (Météo Climat)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Précipitations	62,3	52,4	49	53,2	59,1	58	51	59,6	54,3	78	78,1	80,7	735,8

Les principaux cumuls de pluies sont recensés sur la période automnale avec une moyenne de 78 à 81 mm sur les mois d'octobre à décembre. A l'inverse, les précipitations sont plus faibles en fin d'hiver et sur la période printanière. Le mois de mars ne présente par exemple que 49 mm de pluie en moyenne chaque année.

Les précipitations restent très régulières sur l'année avec une différence de seulement 31,7 mm entre le mois le plus sec et le mois le plus arrosé. La régularité des pluies sur l'année indique un aléa limité de pluies torrentielles susceptibles d'induire des risques naturels soudains (inondations, glissements de terrain...).

#### H.2.1.3 L'ENSOLEILLEMENT

Le secteur d'étude présente un ensoleillement annuel moyen de l'ordre de 1 738 h par an. Il s'inscrit donc dans la fourchette basse de la moyenne nationale métropolitaine qui varie de 1 500 à 2 900 h par an.

Tableau 14 : l'ensoleillement moyen mensuel en h entre 1991 et 2020 (Météo Climat)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Ensoleillement	67,6	85,2	129,4	183,1	208,3	212,3	226	207,8	167,7	112,8	75	62,7	1738,5

Les périodes les plus ensoleillées sont concentrées sur les mois de mai à août avec en moyenne plus de 200 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'environ 65 h.

#### H.2.1.4 LE GEL

En moyenne, 28,7 jours de gel sont répertoriés sur l'année au niveau de la zone étudiée. Ce phénomène se concentre essentiellement sur les mois de décembre à février avec un maximum de 7,6 jours de gel recensés au mois de janvier. Il s'agit donc d'un phénomène bien présent sur la période hivernal, environ un jour sur quatre.

Tableau 15 : le nombre moyen de jours de gelée par mois entre 1991 et 2020 (Météo Climat)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Gelée (T ≤ 0°C)	7,6	6,86	3,57	1,33	0,03	0	0	0	0	0,43	2,13	6,77	28,73
Forte gelée (T ≤ -5°C)	1,37	0,77	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0,83	3,17
Grand froid (T ≤ -10°C)	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2

Les fortes gelées (≤ -5°C) sont quant à elles rares sur le territoire d'étude, puisque seuls 3 jours par an sont relevés en moyenne, principalement sur le mois de janvier. Le phénomène de grand froid (≤ -10°C) est quant à lui marginal avec seulement 0,2 jours recensés en moyenne sur l'année (soit une fois tous les 5 ans).

## H.2.2 LES RISQUES NATURELS

### H.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 trois communes concernées par l'aire d'étude de dangers.

Tableau 16 : principaux risques naturels recensés sur les communes de l'aire d'étude de dangers

COMMUNE	TYPE DE RISQUE
Bellengreville	Inondation, inondation par une crue à débordement lent de cours d'eau, tempête et grains (vent), zone de sismicité 2
Frénuville	Inondation, tempête et grains (vent), zone de sismicité 2
Moult-Chicheboville	Affaissements et effondrements liés aux cavités, glissement de terrain, tempête et grains (vent), zone de sismicité 2

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

Tableau 17 : 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, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	Bellengreville, Frénoville, Moul-Chicheboville
Inondations et coulées de boue	17/01/1995	31/01/1995	21/02/1995	Moul-Chicheboville
	15/01/1988	25/02/1988	02/08/1988	Moul-Chicheboville
Inondations par remontées de nappe phréatique	01/02/2001	10/04/2001	29/08/2001	Frénoville
	26/03/2001	30/04/2001	27/12/2001	Moul-Chicheboville
	27/01/1995	30/03/1995	03/05/1995	Frénoville
Tempête	15/10/1987	16/10/1987	22/10/1987	Bellengreville, Frénoville, Moul-Chicheboville

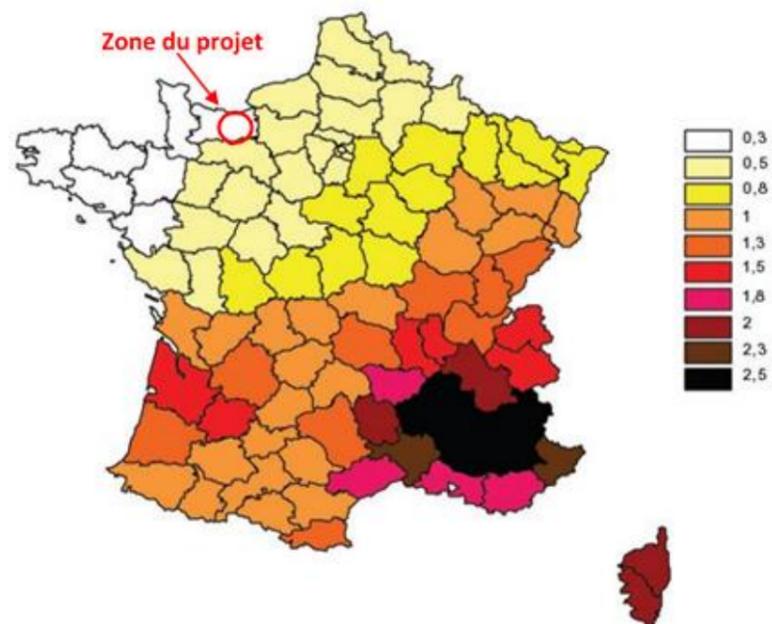
Les principaux risques identifiés à l’échelle de l’aire d’étude immédiate concernent donc :

- Les inondations, coulées de boue et mouvements de terrain associés ;
- Les inondations par remontée de nappe phréatique ;
- Les tempêtes.

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.

### H.2.2.2 LE RISQUE D’ORAGE

D’après les données de [www.meteorage.com/fr](http://www.meteorage.com/fr), le département du Calvados enregistre une densité de foudroiement de l’ordre de 0,3 arcs/km<sup>2</sup>/an. Il s’agit d’une moyenne jugée très faible à l’échelle nationale, le risque lié à la foudre peut donc être jugé très faible.



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

### H.2.2.3 LE RISQUE DE TEMPÊTE

Les installations du projet se localisent à environ 18 km au sud de la Manche. La proximité avec le littoral est un facteur d’augmentation du risque de tempête. Le dossier départemental des risques majeurs du Calvados rappelle que « l’appellation tempête est réservée aux vents moyens atteignant force 10 beaufort soit 89 km/h ». Il précise que, dans le Calvados, le vent atteint ou dépasse 100 km/h trois à quatre jours par an en moyenne.

Ce risque est donc bien présent au droit de l’aire d’étude de dangers. Notons toutefois qu’un seul arrêté de catastrophe naturelle lié au risque de tempête a été recensé sur les communes concernées par l’aire d’étude immédiate et il date de 1987. La fiche Météo France de la station Caen Carpiquet indique une rafale maximale recensée de 42 m/s (soit 151,2 km/h) le 26 décembre 1999. En moyenne, sur cette station, des rafales supérieures à 28 m/s (soit 100 km/h) sont recensées 1,9 jours par an. Ce risque est donc jugé modéré au niveau de l’aire d’étude de dangers.

### H.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.

Le dossier départemental des risques majeurs du Calvados ne traite pas la problématique incendie, ce qui tend à montrer que ce risque est globalement limité sur le département. L’aire d’étude de dangers est quasiment exclusivement occupée par des parcelles agricoles peu concernées par le risque d’incendie. Seules quelques parcelles boisées sont recensées au sud de la RD41 ou en contexte agricole (Bois Drouet) mais elles présentent une emprise limitée et le climat normand n’induit pas de risques notables de sécheresse favorisant les départs de feu naturels. Ce risque est donc jugé faible.

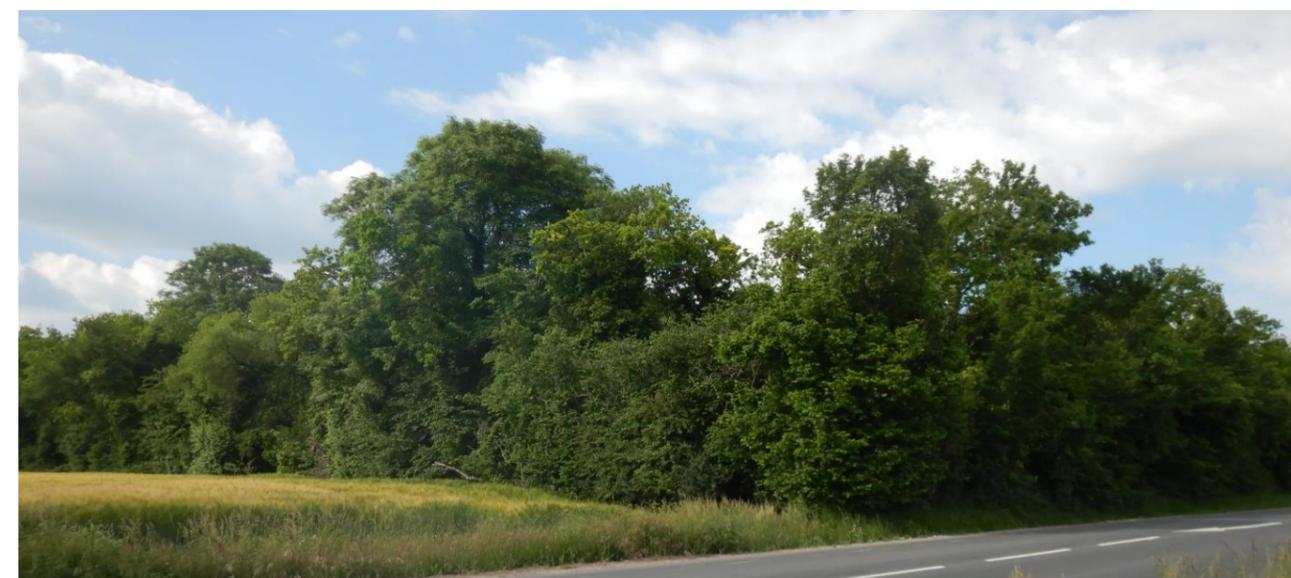


Photo 7 : parcelle boisée en bordure de RD41 au sud de l’aire d’étude de dangers

### H.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 2, soit un niveau de risque faible. Les enjeux liés au risque de sismicité sont donc jugés faibles.

### H.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 ont été recensés sur les communes concernées par l'aire d'étude de dangers :

- Mouvement de terrain n°61401515 à Bellengreville en 2001 correspondant à une coulée naturelle provoquée par les pluies à 40 m à l'est de l'aire d'étude de dangers ;
- Mouvement de terrain n°61401447 à Chicheboville correspondant à un effondrement/affaissement situé à 930 m au sud de l'aire d'étude de dangers ;
- Mouvement de terrain n°61401879 à Chicheboville correspondant à un effondrement/affaissement situé à 1,4 km au sud de l'aire d'étude de dangers ;

Aucun de ces mouvements de terrain ne concerne directement l'aire d'étude de dangers. Deux coulées de boue ont été répertoriées, ce risque est limité au droit de la zone du projet en l'absence de cours d'eau et de pentes marquées. Deux effondrement/affaissements ont été observés, ils sont liés à la présence d'une ancienne carrière d'extraction de pierre de Caen (cf. chapitre suivant sur le risque cavités). Ce type d'ouvrage n'a pas été répertorié ou observé sur la zone du projet. Le risque de mouvement de terrain est donc globalement faible sur l'aire d'étude de dangers.

### H.2.2.7 LE RISQUE CAVITÉS

D'après les données du site <http://www.georisques.gouv.fr>, deux cavités sont répertoriées sur les communes concernées par l'aire d'étude immédiate du projet.

Tableau 18 : les cavités de l'aire d'étude immédiate (BRGM)

NOM	IDENTIFIANT	COMMUNE	DISTANCE À L'AIRE DE DANGERS
Carrière	<a href="#">BNOAA0002390</a>	Mout-Chicheboville	1,4 km
Cavité suite à effondrements	<a href="#">BNOAA0004194</a>	Mout-Chicheboville	930 m

\* ZIP Zone d'Implantation Potentielle

Ces deux cavités correspondent aux phénomènes de mouvements de terrain « effondrement/affaissement » cités précédemment. Ils se localisent en dehors de l'aire d'étude de dangers, à distance de la zone du projet. Ils sont liés à la présence ponctuelle d'une ancienne carrière d'extraction de pierre de Caen. Ce type de carrière est absent de l'aire d'étude de dangers, le risque lié aux cavités est donc jugé faible.

### H.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 : 1/50 000<sup>ème</sup>), les aléas sont considérés comme nuls sur la majeure partie de la zone d'implantation potentielle. Seul le secteur au sud de la RD41 présente un aléa faible, sans pour autant concerner la fondation de l'éolienne EBOD3. Le risque lié au retrait-gonflement d'argiles est donc globalement jugé nul sur le secteur d'implantation des éoliennes.

### H.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...

#### H.2.2.9.1 Par débordement de cours d'eau

Le phénomène d'inondation par débordement de cours d'eau est souvent lié à des pluies répétées et prolongées affectant tout ou partie du bassin versant du cours d'eau. Les communes concernées par l'aire d'étude de dangers ne disposent pas de plan de prévention du risque d'inondation. Aucun cours d'eau n'est présent au sein de cette aire d'étude, le substrat calcaire favorisant largement l'infiltration au détriment du ruissellement des eaux superficielles. Ce risque peut donc être considéré comme nul.

#### H.2.2.9.2 Le risque de submersion marine

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer lors de conditions météorologiques et océaniques défavorables (basses pressions atmosphériques et fort vent d'afflux agissant, pour les mers à marée, lors d'une pleine mer). Elles peuvent durer de quelques heures à quelques jours. L'aire d'étude de dangers se situe à environ 18 km du littoral de la Manche à une altitude minimal de l'ordre de 20 m NGF. Au regard de cet éloignement et de cette altitude, le risque de submersion marine peut être considéré comme nul.

### H.2.2.9.3 Le risque de rupture de barrage

Le décret n°2015-526 du 12 mai 2015 réglemente les ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions (notamment les digues et barrages) afin de garantir leur efficacité et leur sûreté, tant en ce qui concerne le parc d'ouvrages existants que les nouveaux ouvrages à construire. Elle distingue trois classes distinctes en fonction de la population protégée par l'ouvrage.

Tableau 19 : classe d'un ouvrage de digue ou de barrage au regard du code de l'environnement

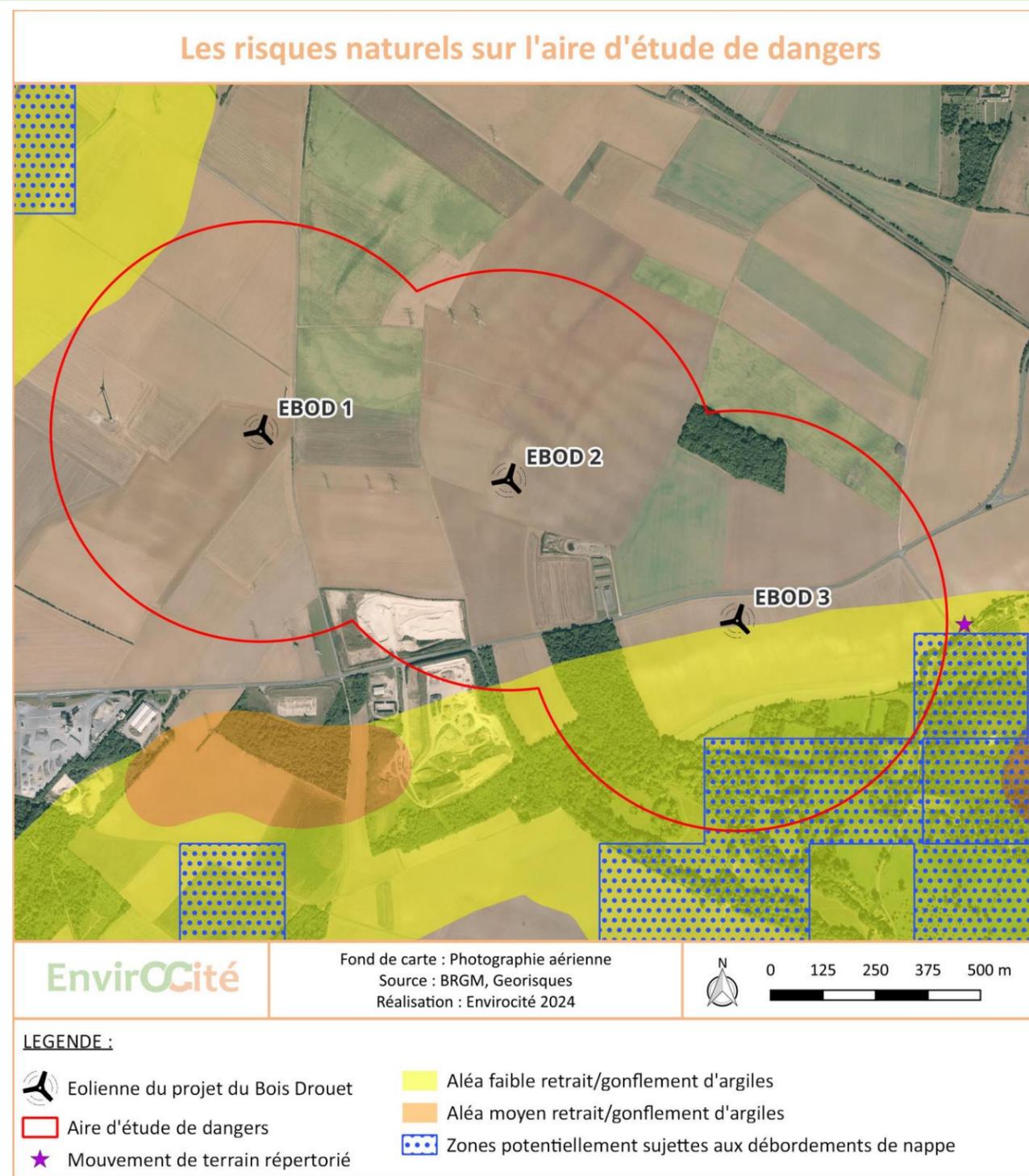
CLASSE	POPULATION PROTÉGÉE PAR LE SYSTÈME D'ENDIGUEMENT OU PAR L'AMÉNAGEMENT HYDRAULIQUE
A	Population > 30 000 personnes
B	Population comprise entre 3 000 et 30 000 personnes
C	Population comprise entre 30 et 3 000 personnes

L'aire d'étude de dangers ne se situe pas en aval d'un ouvrage de digue ou de barrage concerné par le risque de rupture et d'inondation. Ce risque est donc jugé nul.

### H.2.2.9.4 Par remontée de nappe

Si des éléments pluvieux exceptionnels surviennent et engendrent une recharge exceptionnelle du sol, le niveau de la nappe peut atteindre la surface du sol. La zone non saturée est alors totalement envahie par l'eau lors de la montée du niveau de la nappe, c'est l'inondation par remontée de nappe. On conçoit que plus la zone non saturée est mince, plus l'apparition d'un tel phénomène est probable.

L'aire d'étude de dangers est quasiment exemptée de risque de débordement de nappe. Seul un secteur ponctuel est concerné au sud-est, celui-ci ne concerne toutefois pas les installations du projet éolien. Ce risque est donc jugé nul.



Carte 10 : les risques naturels sur l'aire d'étude de dangers

## H.3 L'ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

### H.3.1 LES CONTRAINTES AÉRONAUTIQUES

Afin de prendre connaissance des éventuelles servitudes ou contraintes militaires susceptibles de grever la zone d'implantation des éoliennes, les services de l'armée ont été consultés. Par courriel du 28 janvier 2020 (consultable en annexe), les services de l'Armée indiquent qu'un projet éolien de 10 aérogénérateurs d'une hauteur sommitale de 200 mètres, pale haute à la verticale, au droit de la zone d'implantation du projet, ne fait l'objet d'aucune prescription locale des services de l'armée. Les trois éoliennes du projet du BOIS DROUET présenteront une hauteur hors sol de 150 mètres, soit une altitude sommitale maximale de 183,5 mètres NGF pour EBOD1, de 185,8 mètres NGF pour EBOD2 et de 184,3 mètres NGF pour EBOD3. Les éoliennes seront par ailleurs équipées d'un balisage diurne et nocturne conforme à l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

Afin de prendre connaissance des éventuelles servitudes ou contraintes aéronautiques susceptibles de grever la zone d'implantation des éoliennes, les services de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) ont été consultés. Par courrier du 3 novembre 2020 (consultable en annexe), la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) émet un avis favorable pour l'implantation d'éoliennes d'une hauteur hors sol de 150 mètres, soit une altitude sommitale maximale de 187 mètres NGF, sur la zone d'implantation du projet et donc au sein de la CTR de l'aérodrome de Caen. La DGAC demande toutefois un préavis de 6 mois pour la mise à jour des procédures qui devra impérativement être respecté avant le montage effectif des éoliennes, afin de mettre à jour la documentation aéronautique (dossier technique des procédures). Les trois éoliennes du projet du BOIS DROUET présenteront une hauteur hors sol de 150 mètres, soit une altitude sommitale maximale de 183,5 mètres NGF pour EBOD1, de 185,8 mètres NGF pour EBOD2 et de 184,3 mètres NGF pour EBOD3. Les éoliennes seront par ailleurs équipées d'un balisage diurne et nocturne conforme à l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

### H.3.2 LES VOIES DE COMMUNICATION

Deux voies de communication sont recensées dans l'aire d'étude de dangers :

- La RD41 qui relie Fontenay-le-Marmion à Argences en passant par Bellengreville. Cet axe appartient au réseau départemental secondaire d'intérêt intercantonal. Il présentait en 2017 une fréquentation moyenne de 2 704 véhicules par jour dont 8,65 % de poids lourds. Le trafic est supérieur à 2 000 véhicules jour, il s'agit donc d'une route structurante au sens du guide de l'étude de dangers de l'INERIS (version mai 2012). L'éolienne la plus proche (EBOD3) est située à 62 m au sud de cette route départementale ;
- La RD232 qui relie la RD41 au nord au bourg de Chicheboville au sud. Cet axe appartient au réseau départemental secondaire d'intérêt local. Il présentait un trafic journalier moyen de 1 378 véhicules par jour en 2017 dont 2,39 % de poids lourds. Le trafic est inférieur à 2 000 véhicules jour, il ne s'agit donc pas d'une route structurante au sens du guide de l'étude de dangers de l'INERIS (version mai 2012). L'éolienne la plus proche (EBOD3) est située à 420 m au sud de cette route départementale.

Tableau 20 : voie de communication recensée dans l'aire d'étude de dangers

VOIE DE COMMUNICATION	TRAFFIC JOURNALIER	IMPORTANCE	DISTANCE À L'ÉOLIENNE LA PLUS PROCHE
RD41	2 704 v/j	Réseau départemental secondaire d'intérêt intercantonal	EBOD3 à 60 m
RD232	1 378 v/j	Réseau départemental secondaire d'intérêt local	EBOD3 à 4200 m

Un projet de contournement sud-est de l'agglomération de Caen est par ailleurs projeté au droit de l'aire d'étude de dangers. Le conseil départemental a été consulté et indique ne pas avoir de tracé précis à ce stade de cette future route départementale. Seul un fuseau d'une largeur de 300 m est aujourd'hui recensé sur le PLU de Bellengreville. Aucune donnée de trafic n'est par ailleurs connue sur cet éventuel futur axe routier. Ce contournement reste donc

hypothétique et n'a pas été pris en compte dans le cadre de la présente étude de dangers au regard des incertitudes liées à sa réalisation et des données manquantes (trafic et localisation du tracé).

Une voie communale reliant la RD41 au bourg de Chicheboville est localisée au sud de l'aire d'étude de dangers. Aucune donnée de trafic n'est disponible pour cet axe local. Il s'agit toutefois d'une voie non structurante.

Un réseau de chemins agricoles est également présent dans l'aire d'étude de dangers, il dessert les parcelles agricoles et n'est utilisé que par les agriculteurs et ponctuellement quelques promeneurs riverains (sentiers locaux de randonnée et circuit VTT).

### H.3.3 LES RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

Plusieurs réseaux et canalisations sont présents dans l'aire d'étude de dangers.

RTE exploite trois lignes électriques HTB qui traversent cette aire d'étude :

- La ligne aérienne 225 000 volts « La Dronnière – Tourbe ». RTE recommande un recul à cette ligne d'une hauteur totale d'éolienne + 24,1 m, soit 174,1 m. L'éolienne la plus proche (EBOD1) sera distante de 206 m de ce réseau et respectera la préconisation de RTE ;
- La ligne aérienne 225 000 volts « Coquainvilliers – La Dronnière ». RTE recommande un recul à cette ligne d'une hauteur totale d'éolienne + 24,1 m, soit 174,1 m. L'éolienne la plus proche (EBOD2) sera distante de 281 m de ce réseau et respectera la préconisation de RTE ;
- La ligne électrique 400 000 volts « Rougemontier – Tourbe ». RTE recommande un recul à cette ligne d'une hauteur totale d'éolienne + 45 m, soit 195 m. L'éolienne la plus proche (EBOD2) sera distante de 226 m de ce réseau et respectera la préconisation de RTE.

Les éoliennes du projet respectent les recommandations de recul émises par leur gestionnaire (RTE).

Les services de GRDF indiquent quant à eux la présence d'une canalisation de gaz de moyenne pression (MPB) en polyéthylène PE de 160 mm au sein de l'aire d'étude de dangers. Pour rappel, le réseau MPB dispose d'un niveau de pression compris entre 400 millibars et 4 bars. Cette canalisation permet d'alimenter en gaz la centrale d'enrobés APPIA au sud de la RD41. Elle est située à 76 m à l'est de l'éolienne EBOD1. GRDF n'indique pas de contrainte de recul vis-à-vis de cette canalisation locale pour l'implantation d'éolienne.

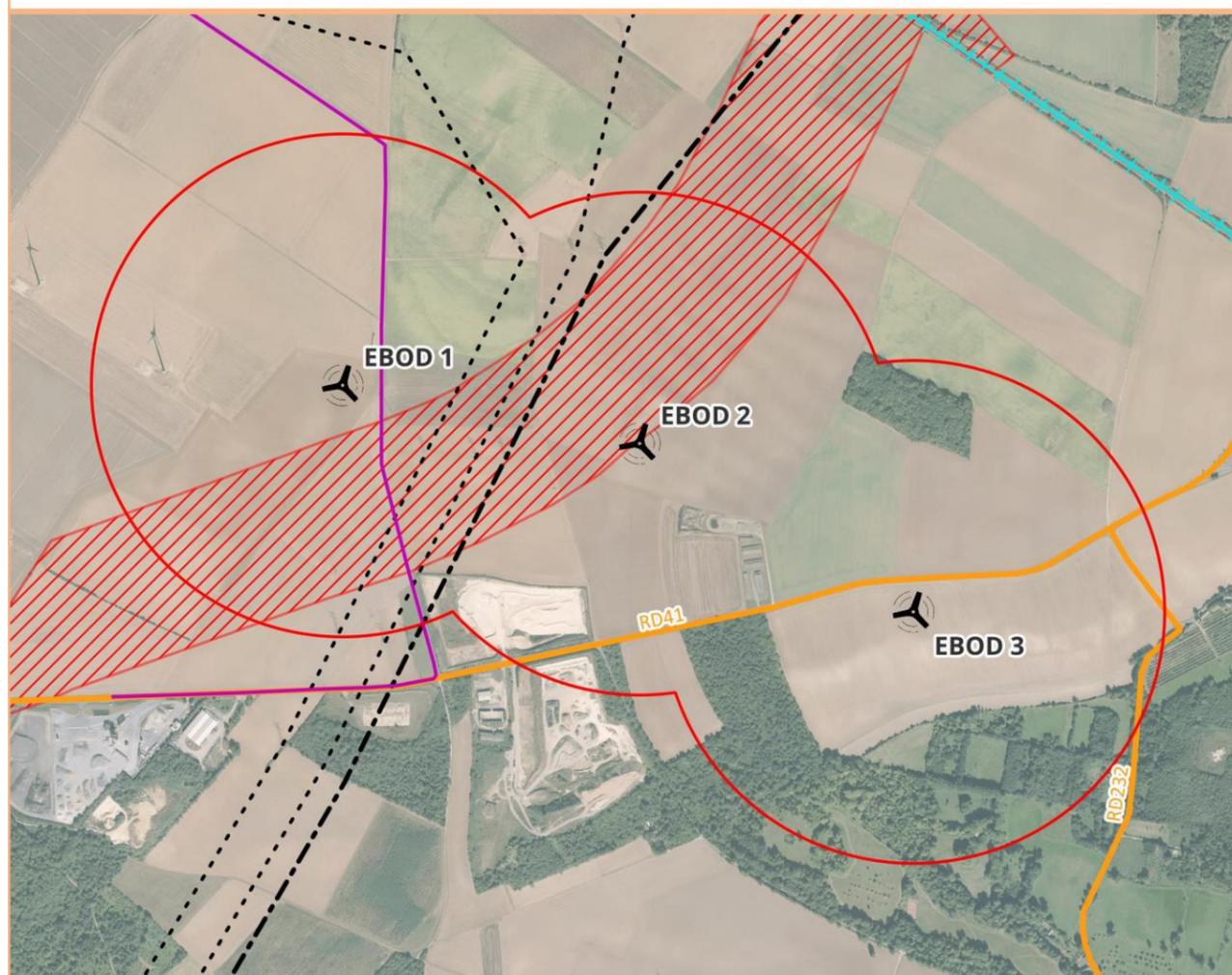
Tableau 21 : les réseaux publics et privés recensés dans l'aire d'étude de dangers

RÉSEAU	CARACTÉRISTIQUES	IMPORTANCE	DISTANCE À L'ÉOLIENNE LA PLUS PROCHE
Ligne électrique « La Dronnière – Tourbe »	225 kV	Régionale	EBOD1 à 206 m
Ligne électrique « Coquainvilliers – La Dronnière »	225 kV	Régionale	EBOD2 à 281 m
Ligne électrique « Rougemontier – Tourbe ».	400 kV	Nationale	EBOD2 à 226 m
Canalisation de gaz	MPB PE 160 CLASSE A : 2008 (0.80)	Locale	EBOD1 à 76 m

### H.3.4 LES AUTRES OUVRAGES PUBLICS

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

## Les voies de communication, les réseaux et les canalisations de l'aire d'étude de dangers



EnviroCité

Fond de carte : Photographie aérienne  
Source : RTE, GRDF, CD14, PLU Bellengreville  
Réalisation : EnviroCité 2024



0 125 250 375 500 m

### LEGENDE :

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| Éolienne du projet du Bois Drouet | Canalisation de gaz MPB                 |
| Aire d'étude de dangers           | Voie ferrée                             |
| Ligne électrique 225 kV           | Route départementale                    |
| Ligne électrique 400 kV           | Fuseau du contournement sud-est de Caen |

Carte 11 : les voies de communication, les réseaux et les canalisations de l'aire d'étude de dangers

## H.4 LA CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

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

- La carrière SCTA qui accueille une fréquentation estimée au maximum de 10 personnes sur 111 235 m<sup>2</sup>, soit 11,123 ha (dont seuls 47 509 m<sup>2</sup>, soit 4,751 ha sont présents au sein de l'aire d'étude de dangers) ;
- Une éolienne du parc de Frénoville qui accueille une fréquentation estimée au maximum de 2 personnes sur l'emprise de l'éolienne et de la plateforme de grutage qui l'accompagne, ce qui représente 1 655 m<sup>2</sup>, soit 0 ;165 ha ;
- Les garages de stockage en location qui accueillent une fréquentation maximum de 8 personnes sur 7 294 m<sup>2</sup>, soit 0,729 ha ;
- La RD41 avec un trafic de 2 704 véhicules/jour considérée comme route structurante (> 2000 véhicules/jour) ;
- La RD232 avec un trafic de 1 378 véhicules/jour considérée comme route non structurante (< 2000 véhicules/jour) ;
- Les chemins de randonnées recensés concernant des circuits locaux qui ne font pas l'objet d'une fréquentation comptabilisée (circuits communaux) ;
- La voie communale et les chemins agricoles considérés comme des voies de communication non structurantes ;
- Les parcelles agricoles et forestières.

Les réseaux électriques et la canalisation de gaz recensés sur l'aire d'étude de dangers n'induisent quant à eux pas de fréquentation humaine.

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 :

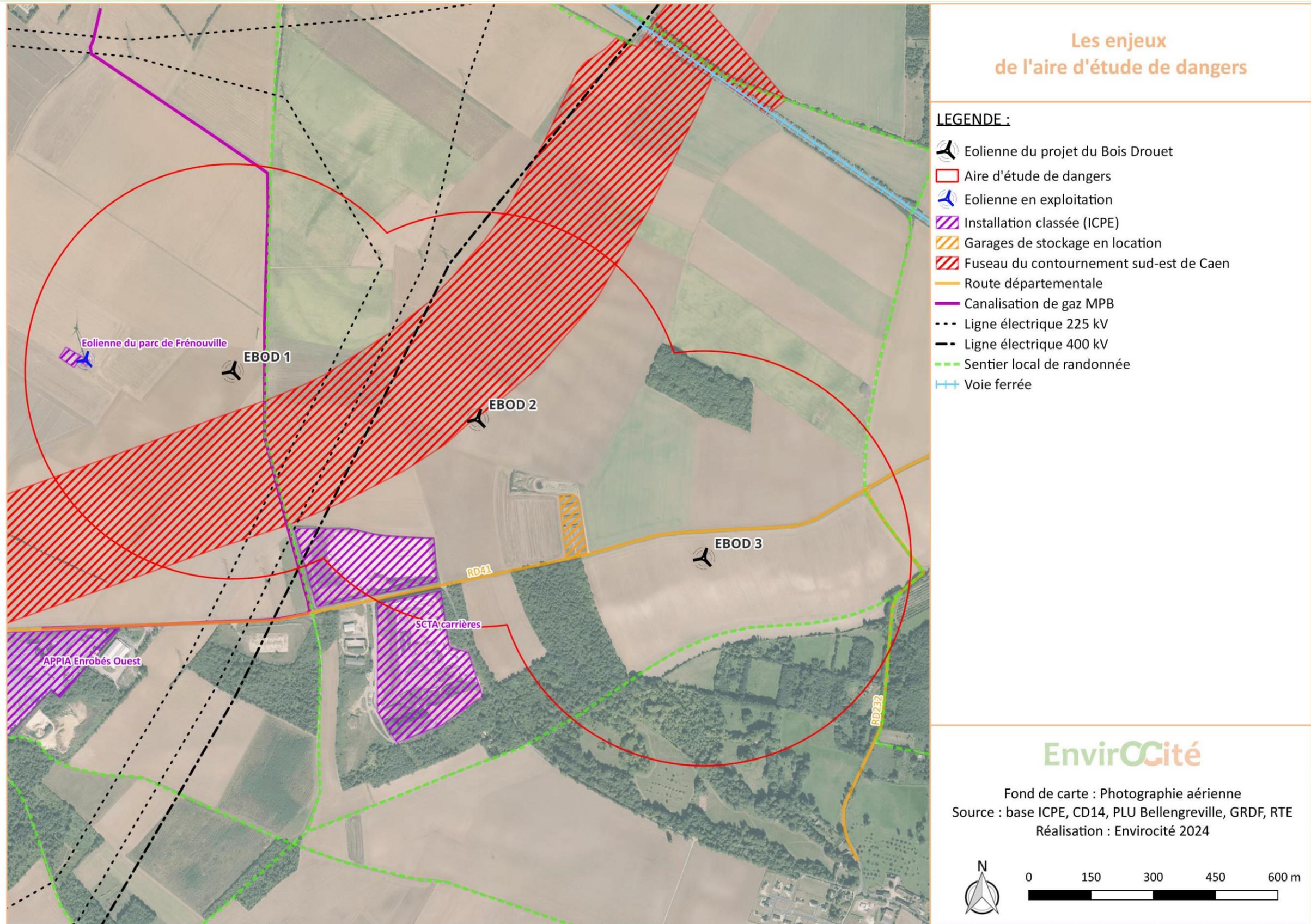
- L'emprise de la carrière SCTA. Le guide de l'INERIS recommande de comptabiliser le nombre de salariés ou le nombre maximal de personnes présentes simultanément dans le cas de travail en équipes pour les zones d'activités. La fréquentation est donc évaluée à 0,899 personnes pour 1 ha ;
- L'emprise de l'éolienne et de la plateforme de grutage du parc de Frénuville. Le guide de l'INERIS recommande de comptabiliser le nombre de salariés ou le nombre maximal de personnes présentes simultanément dans le cas de travail en équipes pour les zones d'activités. La fréquentation est donc évaluée à 12,085 personnes pour 1 ha ;
- Les garages de stockage en location. 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. La fréquentation est donc évaluée à 10,967 personnes pour 1 ha ;
- La RD41 considérée comme route structurante. Le guide de l'INERIS recommande de comptabiliser 0,4 personnes par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour (soit 10,816 personnes par km) ;
- La RD232 considérée comme route non structurante. Le guide de l'INERIS recommande de comptabiliser 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Les voies de circulation non structurantes (chemins agricoles) qui correspondent à des « terrains aménagés mais peu fréquentés » (1 personne pour 10 ha) ;
- Les chemins locaux de randonnée. Le guide de l'INERIS recommande de comptabiliser 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs par jour en moyenne. Cette fréquentation a du sens pour les sentiers de grande randonnée (GR ou GRP). Au regard de la très faible utilisation de ces chemins communaux, il semble plus pertinent de les considérer comme des voies de communication non structurantes. Le guide de l'INERIS recommande alors de comptabiliser 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Les parcelles agricoles et forestières qui correspondent à des « terrains non aménagés et très peu fréquentés » (1 personne pour 100 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.

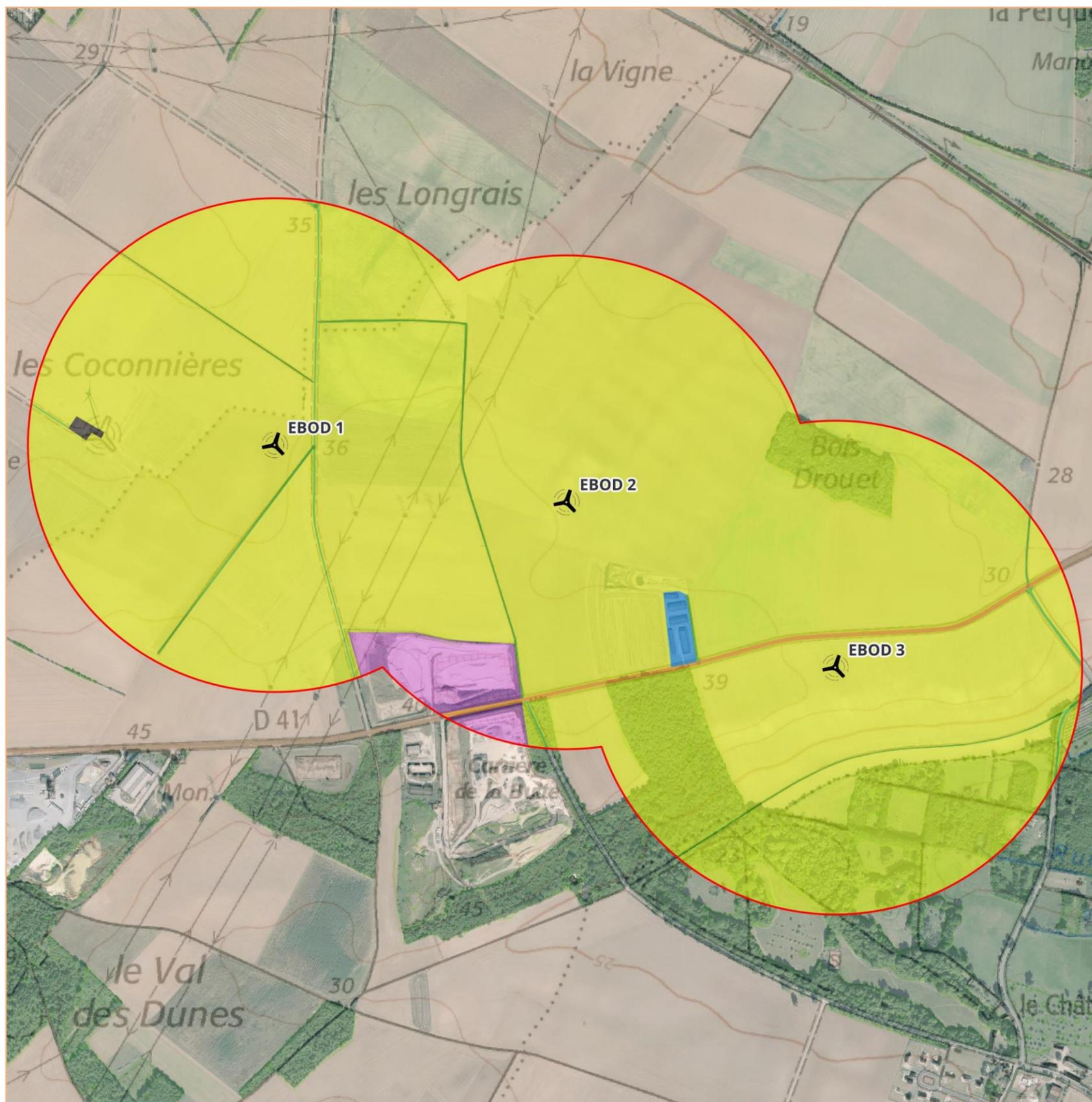
La carte suivante définit la fréquentation de l'aire d'étude de dangers.



**L'aire d'étude de dangers est principalement concernée par des parcelles agricoles et forestières. Elle est desservie par une route structurante (RD41) et des voies de circulation non structurantes (RD232, voie communale et chemins agricoles). Elle accueille ponctuellement des activités industrielles : une éolienne du parc de Frénuville et une partie de la carrière SCTA. Des garages de stockage en location sont présents au sein de l'aire d'étude de dangers. Celle-ci est par ailleurs traversée par des réseaux électriques HTB et une canalisation de gaz MPB. L'ensemble de ces éléments a été pris en compte pour estimer la fréquentation du site et les éléments à prendre en considération dans l'étude de dangers.**



Carte 12 : les enjeux de l'aire d'étude de dangers



## La fréquentation de l'aire d'étude de dangers

**LEGENDE :**

- Eolienne du projet du Bois Drouet
- Aire d'étude de dangers
- Carrière SCTA (0,899 personnes pour 1 ha)
- Eoliennes de Frénoville et sa plateforme de grutage (12,085 personnes pour 1 ha)
- Garages de stockage en location (10,967 personnes pour 1 ha)
- RD41 - route structurante (10,816 personnes par km)
- Voie non structurante (1 personne pour 10 ha)
- Parcelles agricoles et forestières (1 personne pour 100 ha)

**EnviroCité**

Fond de carte : Photographie aérienne  
 Source : Envirocité  
 Réalisation : Envirocité 2024

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

# I. 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.

## I.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...

### I.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.

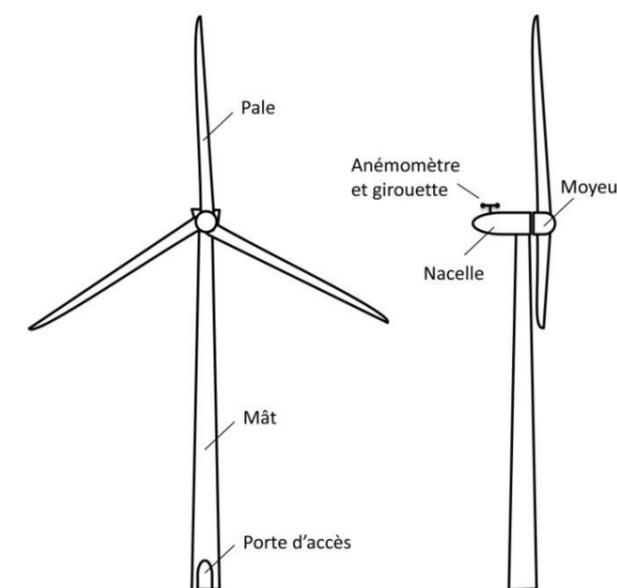


Figure 3 : schéma simplifié d'un aérogénérateur

### I.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.

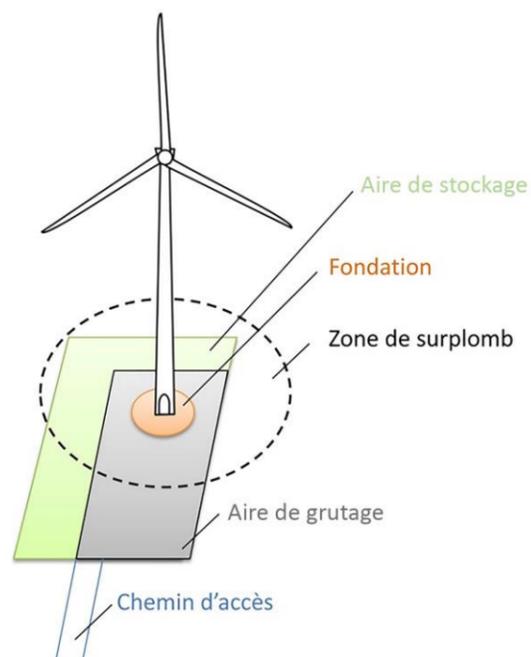


Figure 4 : les emprises au sol d'une éolienne et de ses aménagements annexes

### I.1.3 LES CHEMINS D'ACCÈS

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

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

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

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

### I.1.4 LES AUTRES INSTALLATIONS

Aucune autre installation n'est envisagée dans le projet éolien du BOIS DROUET.

## I.2 L'ACTIVITÉ DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien du BOIS DROUET est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur de mât de 103 m maximum. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

## I.3 LA COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien du BOIS DROUET est composé de trois aérogénérateurs et de deux postes de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 105 mètres maximum et un diamètre de rotor de 120 mètres maximum. La hauteur totale des éoliennes en bout de pale sera de 150 mètres maximum.

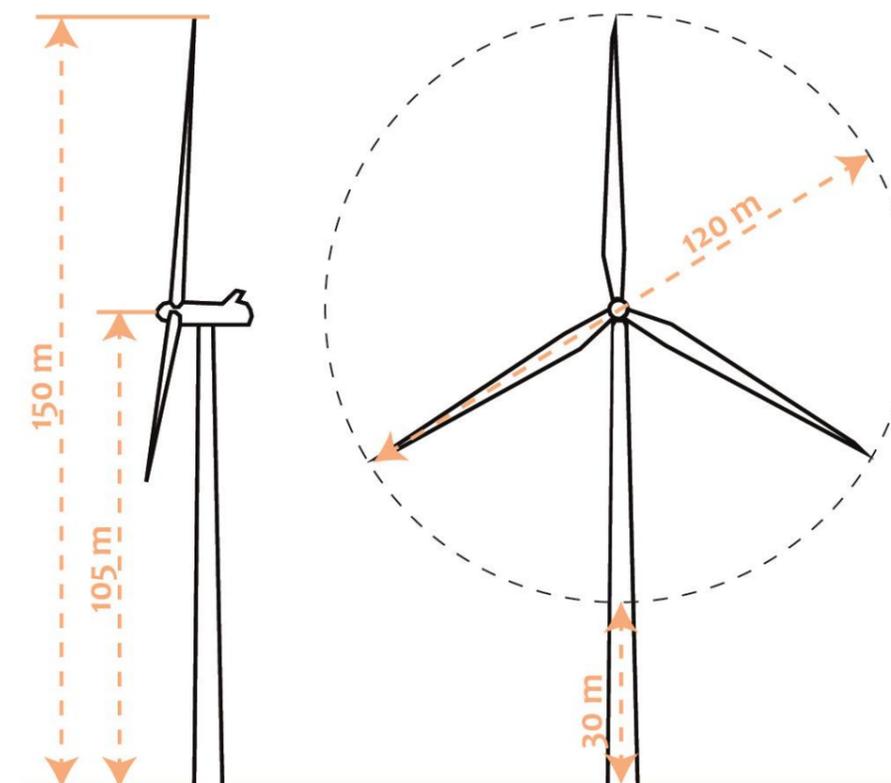


Figure 5 : gabarit maximum des éoliennes du projet du Bois Drouet

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

Tableau 22 : coordonnées GPS et altitude des éoliennes

ÉOLIENNE	X EN L93	Y EN L93	LATITUDE EN WGS 84	LONGITUDE EN WGS 84	ALTITUDE AU SOL EN NGF	ALTITUDE BOUT DE PALE EN NGF
EBOD1	463 159	6 896 218	49°07'19.06" N	0°14'43.09" W	33,5 m	183,50 m max.
EBOD2	463 750	6 896 102	49°07'16.10" N	0°14'13.74" W	35,8 m	185,80 m max.
EBOD3	464 295	6 895 767	49°07'06.00" N	0°13'46.23" W	34,3 m	184,30 m max.

Tableau 23 : coordonnées GPS et altitude des postes de livraison électrique (PDL)

PDL	X EN L93	Y EN L93	LATITUDE EN WGS 84	LONGITUDE EN WGS 84	ALTITUDE AU SOL EN NGF	ALTITUDE DU TOIT EN NGF
PDL 1	463 837	6 895 944	49°07'11.10" N	0°14'09.13" W	34,8 m	37,5 m max.
PDL 2	463 836	6 895 930	49°07'10.65" N	0°14'09.16" W	34,8 m	37,5 m max.



### Les installations et aménagements du projet éolien du Bois Drouet

**LEGENDE :**

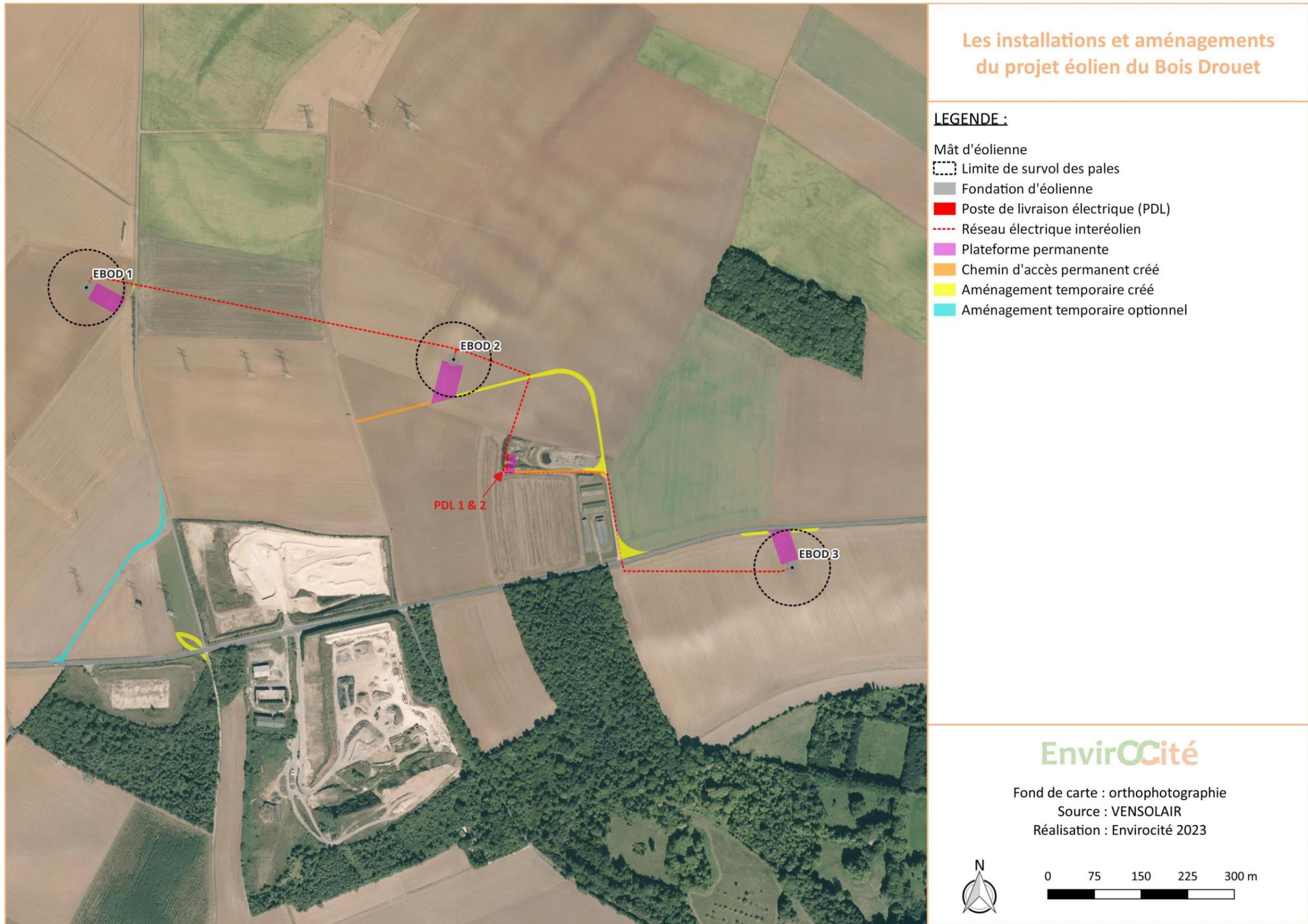
- Mât d'éolienne
- Limite de survol des pales
- Fondation d'éolienne
- Poste de livraison électrique (PDL)
- Réseau électrique interéolien
- Plateforme permanente
- Chemin d'accès permanent créé
- Aménagement temporaire créé
- Aménagement temporaire optionnel

**EnviroCité**

Fond de carte : IGN scan25  
 Source : VENSOLAIR  
 Réalisation : Envirocité 2023



Carte 14 : les installations et aménagements du projet du BOIS DROUET sur fond IGN



Carte 15 : les installations et aménagements du projet du BOIS DROUET sur photographie aérienne

## I.4 LE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

### I.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 4,8 MW par exemple, la production électrique atteint 4 800 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 24 : 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 22 mètres maximum (soit une emprise de 380 m <sup>2</sup> ) et d'une profondeur d'environ 3 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 9 m. Hauteur maximum de 103 m.
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 120 m

ÉLÉMENT DE L'INSTALLATION	FONCTION	CARACTÉRISTIQUES
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

### I.4.2 LA SÉCURITÉ DE L'INSTALLATION

Le gabarit des éoliennes qui seront installées comprend une hauteur maximale en bout de pales de 150 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 août 2011, modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, 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.

### I.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 fonctionnement.

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.

### I.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.

## I.5 LE FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX DE L'INSTALLATION

### I.5.1 LE RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE

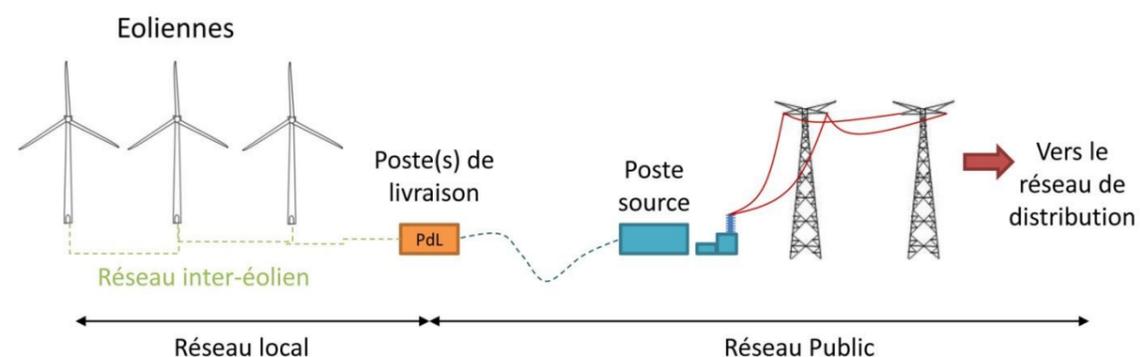


Figure 6 : le raccordement électrique des installations

### I.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.

### I.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.

### I.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.

### I.5.5 LES AUTRES RÉSEAUX

Le parc éolien du BOIS DROUET 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 du BOIS DROUET se composera de trois 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.**

## J. 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.

### J.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 du BOIS DROUET 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.

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

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien du BOIS DROUET 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 25 : 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

### J.3 LA RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS À LA SOURCE

#### J.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 ;
- Les éoliennes retenues sont en dehors des servitudes de l'armée de l'air ;
- Les éoliennes retenues prennent en considération les contraintes liées à l'aviation civile ;
- Les éoliennes respectent les recommandations de recul aux lignes électriques HTB émises par RTE.

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.

### J.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...).**

## K. L'ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE

### K.1 L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

#### K.1.1 LES 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.

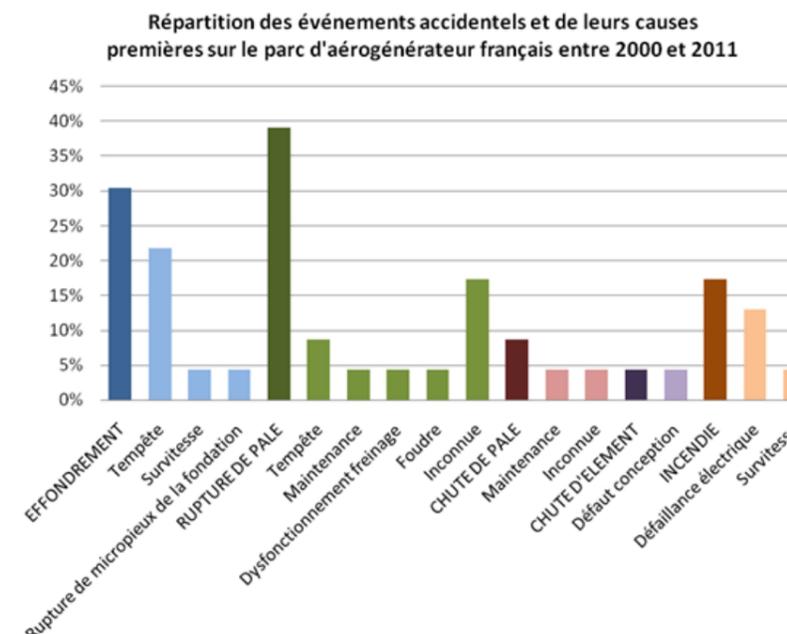


Figure 7 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes en France (source : guide technique, mai 2012)

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.

#### K.1.2 LES 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.

## K.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.

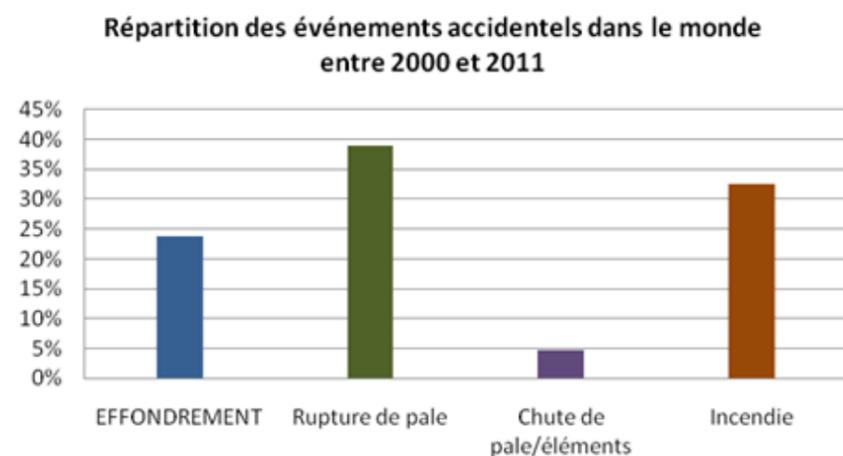


Figure 8 : Répartition des événements accidentels dans le monde (source : guide technique, mai 2012)

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

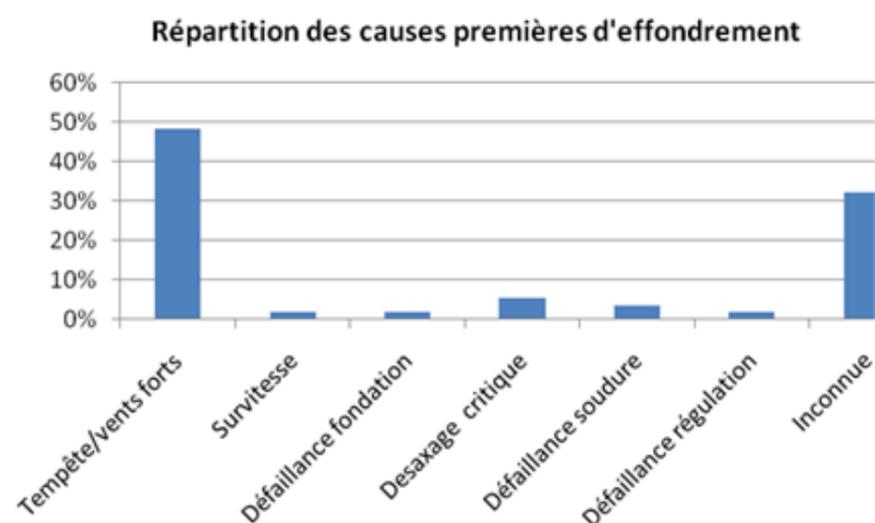


Figure 9 : Répartition des causes premières d'effondrement (source : guide technique, mai 2012)

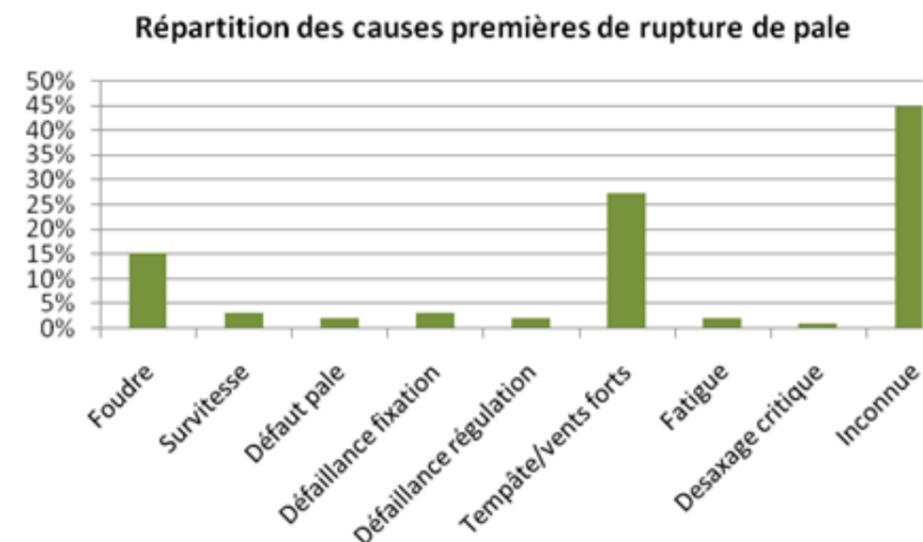


Figure 10 : Répartition des causes premières de rupture de pale (source : guide technique, mai 2012)

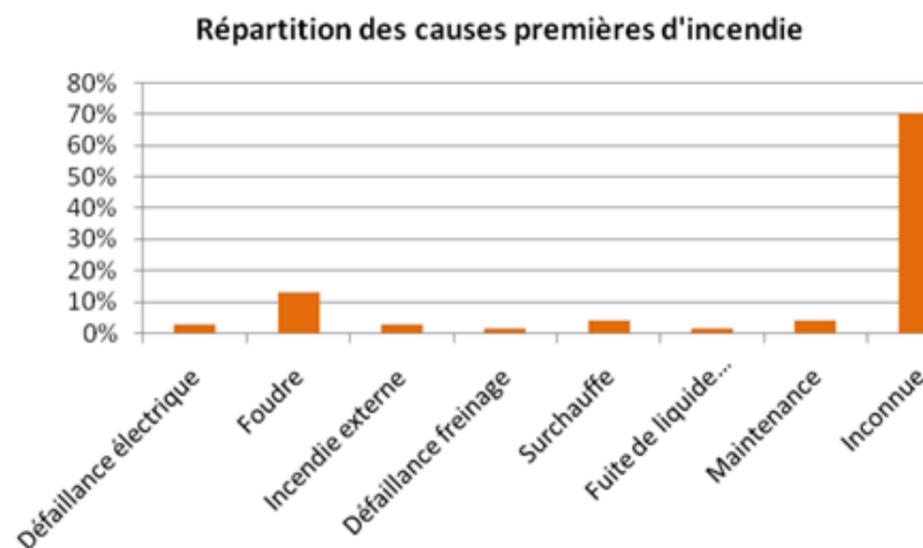


Figure 11 : Répartition des causes premières d'incendie (source : guide technique, mai 2012)

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.

## K.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 CENTRALE ÉOLIENNE DU BOIS DROUET future exploitante du parc éolien, ou de la société VENSOLAIR en charge du développement du projet.

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

### K.4.1 L'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.

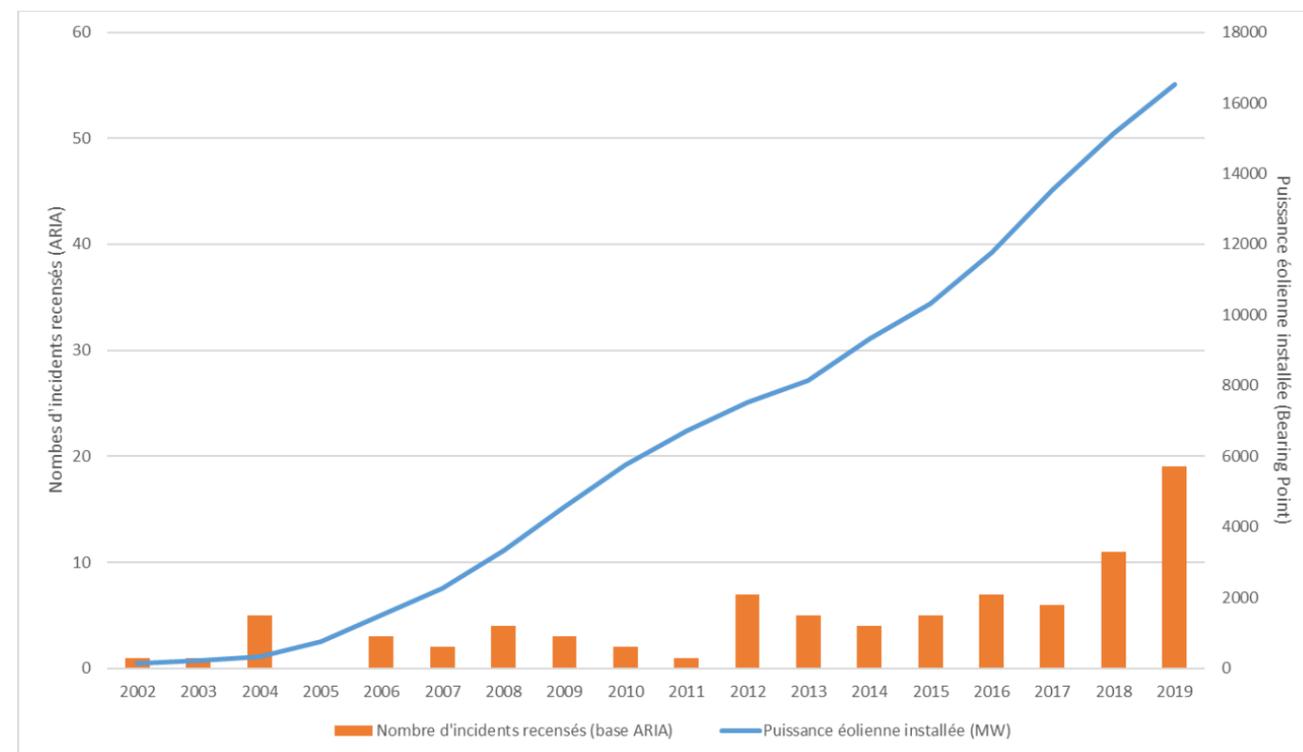


Figure 12 : l'évolution du nombre d'incidents annuels en France et de la puissance éolienne installée (sources : RTE, ENEDIS, base ARIA))

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 2020, 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'accroît nettement, le nombre d'accident tend à s'accroître moins significativement avec l'amélioration des technologies, des maintenances préventives et des retours d'expérience.

### K.4.2 L'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.

## K.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.**

## L. L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

### L.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.

### L.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.

### L.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.

#### L.3.1 LES AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX ACTIVITÉS HUMAINES

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

Tableau 26 : agressions externes liées aux activités humaines

INFRASTRUCTURE	FONCTION	ÉVÈNEMENT 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	EBOD3
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	Aucune
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	EBOD1

Deux sources d'agressions externes potentielles sont recensées au regard du tableau précédent :

- La RD41 avec le risque d'accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules. Seule une éolienne est située à moins de 200 m de cette route, EBOD3 localisée à 62 m de cet axe départemental. Il s'agit d'un axe qui appartient au réseau départemental secondaire d'intérêt intercantonal. Sa vitesse de circulation est limitée à 80 km/h sur le tronçon proche de l'éolienne EBOD3. Le risque qu'un véhicule en sortie de route atteigne le mât de l'éolienne distant de 62 m est très limité. Si un tel véhicule parvenait jusqu'à l'éolienne, sa vitesse serait très fortement réduite et le véhicule n'induirait pas de dommage notable au mât de l'éolienne. Le risque d'agression externe lié aux voies de circulation est donc jugé négligeable ;
- Une éolienne du parc en exploitation de Frénoville. Celle-ci est distante de 350 m de l'éolienne EBOD1. Précisons que cette distance est supérieure à celle entre les éoliennes du même parc de Frénoville (de l'ordre de 300 m). Au regard du gabarit de l'éolienne de Frénoville (diamètre de rotor de 82 m et hauteur totale en bout de pale de 118 m), seul le risque de projection de glace, de pale ou de fragment de pale est susceptible d'atteindre l'éolienne EBOD1. Ces risques sont jugés très faibles dans les études de dangers sur les parcs éoliens. Les éléments qui pourraient être projetés à une distance de 350 m et plus sont de taille modeste et n'induisent pas de risque notable sur l'éolienne EBOD1.

Précisons par ailleurs que le projet prend en compte les préconisations de recul aux lignes électriques HTB exploitées par RTE.

Une canalisation de gaz MPE exploitée par GRDF est présente à 76 m à l'est de l'éolienne EEOD1. Il s'agit d'un réseau de desserte de la zone d'activité au sud de la RD41. Suite à échange avec GRDF, aucune préconisation de recul n'a été demandée pour l'implantation d'éolienne. Une attention particulière sera portée à ce réseau dans la cadre du chantier de construction du parc éolien (création d'aménagements, passage du câblage inter-éolien), en concertation avec l'exploitant de la canalisation.

### L.3.2 LES AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX PHÉNOMÈNES NATURELS

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

Tableau 27 : agressions externes liées aux phénomènes naturels

AGRESSION EXTERNE	INTENSITÉ
Vents et tempête	Rafale maximale recensée de 42 m/s (soit 151,2 km/h) le 26 décembre 1999. Rafales supérieures à 28 m/s (soit 100 km/h) recensées 1,9 jours par an à la station de Caen-Carpiquet.  Le choix de l'aérogénérateur sera adapté aux caractéristiques de vent mesuré
Foudre	Densité d'arc de foudre de l'ordre d'environ 0,3 arcs/km <sup>2</sup> /an L'aérogénérateur retenu respectera 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. Le risque de tassements par retrait-gonflement des argiles est nul au droit de l'emprise des 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.

## L.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 28 : 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

N°	ÉVÉNEMENT INITIATEUR	ÉVÉNEMENT INTERMÉDIAIRE	ÉVÉNEMENT REDOUTÉ CENTRAL	FONCTION DE SÉCURITÉ (INTITULÉ GÉNÉRIQUE)	PHÉNOMÈNE DANGEREUX	QUALIFICATION DE LA ZONE D'EFFET
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
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

N°	ÉVÉNEMENT INITIATEUR	ÉVÉNEMENT INTERMÉDIAIRE	ÉVÉNEMENT REDOUTÉ CENTRAL	FONCTION DE SÉCURITÉ (INTITULÉ GÉNÉRIQUE)	PHÉNOMÈNE DANGEREUX	QUALIFICATION DE LA ZONE D'EFFET
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	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

N°	ÉVÉNEMENT INITIATEUR	ÉVÉNEMENT INTERMÉDIAIRE	ÉVÉNEMENT REDOUTÉ CENTRAL	FONCTION DE SÉCURITÉ (INTITULÉ GÉNÉRIQUE)	PHÉNOMÈNE DANGEREUX	QUALIFICATION DE LA ZONE D'EFFET
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

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.

## L.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.

## L.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 29 : 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
<b>Mesures de sécurité</b>	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
<b>Description</b>	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.		
<b>Indépendance</b>	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc.		
<b>Temps de réponse</b>	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
<b>Maintenance</b>	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	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 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

FONCTION DE SÉCURITÉ	PRÉVENIR LES COURTS-CIRCUITS	N° DE LA FONCTION DE SÉCURITÉ	5
<b>Mesures de sécurité</b>	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
<b>Description</b>	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.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	De l'ordre de la seconde		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	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
<b>Mesures de sécurité</b>	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
<b>Description</b>	Respect de la norme IEC 61 400-24 Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Immédiat dispositif passif		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	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
<b>Mesures de sécurité</b>	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		
<b>Description</b>	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)		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	< 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.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	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 fabricant 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
<b>Mesures de sécurité</b>	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution		
<b>Description</b>	<p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</p> <p>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.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• de contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>• d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ;</li> <li>• de récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> <p>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.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Dépendant du débit de fuite		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	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
<b>Mesures de sécurité</b>	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints...) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
<b>Description</b>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>Les éoliennes seront protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	NA		
<b>Maintenance</b>	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 pâles) 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	Vérification régulière du bon ancrage au sol des éoliennes (serrage des brides des fondations...) et des systèmes de fixation des pales au moyeu. Vérification du bon fonctionnement des dispositifs de régulation et d'arrêt des éoliennes en cas de vents forts.		

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.

## L.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 30 : 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 <sup>2</sup> 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 inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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.**

## M. L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

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

### M.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.

#### M.1.1 LA 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.

#### M.1.2 L'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 31 : 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).

### M.1.3 LA 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 32 : 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 »

### M.1.4 LA PROBABILITÉ

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

NIVEAUX	ÉCHELLE QUALITATIVE	ÉCHELLE QUANTITATIVE (PROBABILITÉ ANNUELLE)
<b>A</b>	<b>Courant</b> 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>B</b>	<b>Probable</b> S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
<b>C</b>	<b>Improbable</b> 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.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
<b>D</b>	<b>Rare</b> S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
<b>E</b>	<b>Extrêmement rare</b> 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 :

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

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

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

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

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

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

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

## M.2 LA CARACTÉRISATION DES SCÉNARIOS RETENUS

### M.2.1 L'EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

#### M.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 150 m dans le cas des éoliennes de l'installation.

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.

#### M.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 maximale de pale (R= 60 m), H la hauteur maximale du mât (H= 103 m), L la largeur maximale du mât (L= 9 m) et LB la largeur maximale de la pale (LB= 4,5 m).

Tableau 33 : intensité du scénario « effondrement de l'éolienne »

EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À LA HAUTEUR TOTALE DE L'ÉOLIENNE EN BOUT DE PALE, SOIT 150 M)			
ZONE D'IMPACT EN M <sup>2</sup>	ZONE D'EFFET DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN M <sup>2</sup>	DEGRÉ D'EXPOSITION DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN %	INTENSITÉ
$Z_i = (H) \times L + 3 \times R \times LB / 2$	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$	$Z_i / Z_E$	Exposition forte
1 332 m <sup>2</sup>	70 686 m <sup>2</sup>	1,88 %	

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

#### M.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 :

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

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

- 68 831 m<sup>2</sup>, soit 6,883 ha pour l'éolienne EBOD1 ;
- 70 686 m<sup>2</sup>, soit 7,068 ha pour l'éolienne EBOD2 ;
- 68 692 m<sup>2</sup>, soit 6,869 ha pour l'éolienne EBOD3.

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 :

- 1 843 m<sup>2</sup>, soit 0,184 ha pour l'éolienne EBOD1 ;
- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha pour l'éolienne EBOD2 ;
- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha pour l'éolienne EBOD3.

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 RD41, le linéaire concerné par le risque d'effondrement de l'éolienne est de :

- 0 m pour l'éolienne EBOD1 ;
- 0 m pour l'éolienne EBOD2 ;
- 276 m pour l'éolienne EBOD3.

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 10,816 véhicules par km au regard du trafic de 2 704 véhicules/jour).

Pour les zones d'activités, la zone d'effet du scénario d'effondrement de l'éolienne est de :

- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur la carrière SCTA, 0 m<sup>2</sup> soit 0 ha sur l'éolienne de Frénoville et 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur les garages de location pour l'éolienne EBOD1 ;
- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur la carrière SCTA, 0 m<sup>2</sup> soit 0 ha sur l'éolienne de Frénoville et 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur les garages de location pour l'éolienne EBOD2 ;
- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur la carrière SCTA, 0 m<sup>2</sup> soit 0 ha sur l'éolienne de Frénoville et 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur les garages de location pour l'éolienne EBOD3.

Ces chiffres sont à mettre en relation avec la fréquentation maximum simultanée de ces zones d'activités, à savoir 0,899 personnes pour 1 ha pour la carrière SCTA, 12,085 personnes pour 1 ha pour l'éolienne de Frénoville et 10,816 personnes pour 1 ha pour les garages de location.

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

Tableau 34 : 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	RD41	ZONE D'ACTIVITÉ	TOTAL	GRAVITÉ
EBOD1	0,069	0,018	0	0	0,087 (inférieur à 1 personne)	Sérieuse
EBOD2	0,071	0	0	0	0,071 (inférieur à 1 personne)	Sérieuse
EBOD3	0,069	0,000	2,985216	0	3,054 (entre 1 et 10 personnes exposées)	Importante

**M.2.1.4 LA PROBABILITÉ**

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

Tableau 35 : 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<sup>1</sup>, 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.

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 ».

**M.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 36 : acceptabilité du scénario « effondrement de l'éolienne »

EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À LA HAUTEUR TOTALE DE L'ÉOLIENNE EN BOUT DE PALE, SOIT 150 M)		
ÉOLIENNE	GRAVITÉ	NIVEAU DE RISQUE
EBOD1	Sérieuse	Acceptable
EBOD2	Sérieuse	Acceptable
EBOD3	Importante	Acceptable

Le niveau de risque d'effondrement d'éolienne est jugé faible pour l'éolienne EBOD3. 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.

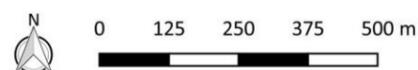
<sup>1</sup> Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

## La zone d'emprise du risque d'effondrement d'une éolienne



EnviroCité

Fond de carte : Photographie aérienne  
Source : Envirocité  
Réalisation : Envirocité 2024



**LEGENDE :**

- Eolienne du projet du Bois Drouet
- Aire d'étude de dangers
- ▨ Zone de risque d'effondrement d'une éolienne
- ▨ Carrière SCTA
- Eolienne de Frénoville
- Garages de stockage
- Route structurante (RD41)
- Terrains aménagés mais peu fréquentés
- Terrains non aménagés et très peu fréquentés

Carte 16 : la zone d'emprise du risque d'effondrement d'une éolienne

## M.2.2 LA CHUTE DE GLACE

### M.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, environ 3,17 jours de forte gelée ( $T \leq -5^\circ\text{C}$ ), 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.

### M.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 60 m. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

### M.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 ( $R=60\text{ m}$ ),  $SG$  est la surface du morceau de glace majorant ( $SG=1\text{ m}^2$ ).

Tableau 37 : intensité du scénario « chute de glace »

CHUTE DE GLACE			
(DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À $D/2 =$ ZONE DE SURVOL, SOIT 60 M)			
ZONE D'IMPACT EN $\text{m}^2$	ZONE D'EFFET DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN $\text{m}^2$	DEGRÉ D'EXPOSITION DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN %	INTENSITÉ
$Z_i = SG$	$Z_e = \pi \times R^2$	$Z_i/Z_e$	Exposition modérée
1 $\text{m}^2$	11 310 $\text{m}^2$	0,009%	

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

### M.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 :

- Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux » ;

- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré ».

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

- 11 310 m<sup>2</sup>, soit 1,131 ha pour l'éolienne EBOD1 ;
- 11 310 m<sup>2</sup>, soit 1,131 ha pour l'éolienne EBOD2 ;
- 11 310 m<sup>2</sup>, soit 1,131 ha pour l'éolienne EBOD3.

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 m<sup>2</sup>, soit 0 ha pour l'éolienne EBOD1 ;
- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha pour l'éolienne EBOD2 ;
- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha pour l'éolienne EBOD3.

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 RD41, le linéaire concerné par le risque de chute de glace est de :

- 0 m pour l'éolienne EBOD1 ;
- 0 m pour l'éolienne EBOD2 ;
- 0 m pour l'éolienne EBOD3.

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 10,816 véhicules par km au regard du trafic de 2 704 véhicules/jour).

Pour les zones d'activités, la zone d'effet du scénario de chute d'éléments de l'éolienne est de :

- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur la carrière SCTA, 0 m<sup>2</sup> soit 0 ha sur l'éolienne de Frénoville et 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur les garages de location pour l'éolienne EBOD1 ;
- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur la carrière SCTA, 0 m<sup>2</sup> soit 0 ha sur l'éolienne de Frénoville et 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur les garages de location pour l'éolienne EBOD2 ;
- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur la carrière SCTA, 0 m<sup>2</sup> soit 0 ha sur l'éolienne de Frénoville et 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur les garages de location pour l'éolienne EBOD3.

Ces chiffres sont à mettre en relation avec la fréquentation maximum simultanée de ces zones d'activités, à savoir 0,899 personnes pour 1 ha pour la carrière SCTA, 12,085 personnes pour 1 ha pour l'éolienne de Frénoville et 10,816 personnes pour 1 ha pour les garages de location.

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 38 : 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	RD41	ZONE D'ACTIVITÉ	TOTAL	GRAVITÉ
EBOD1	0,011	0	0	0	0,011 (inférieur à 1 personne)	Modérée
EBOD2	0,011	0	0	0	0,011 (inférieur à 1 personne)	Modérée
EBOD3	0,011	0	0	0	0,011 (inférieur à 1 personne)	Modérée

### M.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<sup>-2</sup>. Rappelons que sur le site du projet, les conditions favorables à la formation de glace sont très limitées avec environ 3,17 jours de forte gelée (T ≤ -5°C) recensés. Le phénomène de grand froid (≤ -10°C) est quant à lui marginal avec 0,2 jour recensé en moyenne sur l'année (soit un jour tous les cinq ans).

### M.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).

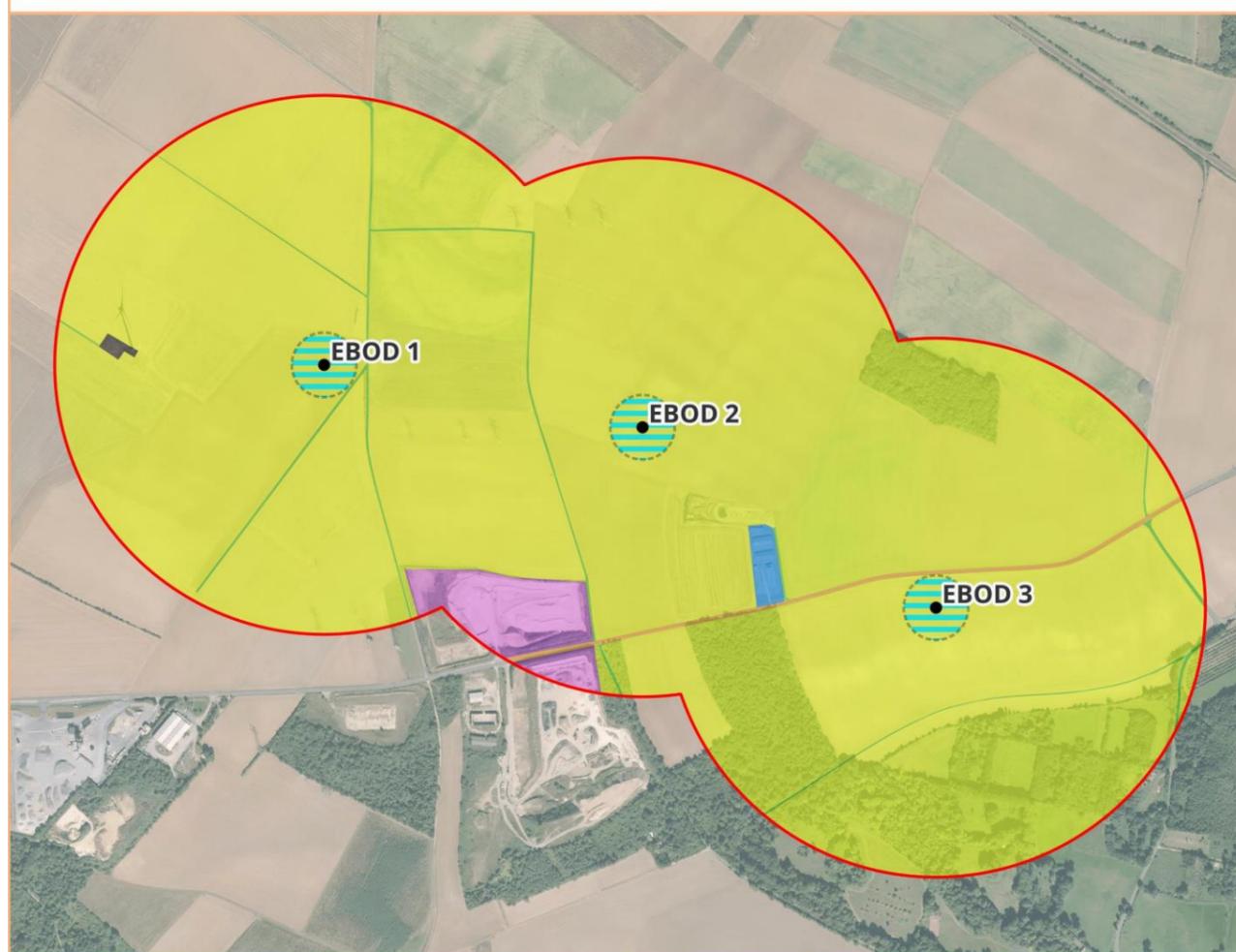
Tableau 39 : acceptabilité du scénario « chute de glace »

CHUTE DE GLACE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À D/2 = ZONE DE SURVOL, SOIT 60 M)			
ÉOLIENNE	GRAVITÉ	PRÉSENCE DE SYSTÈME D'ARRÊT EN CAS DE DÉTECTION OU DÉDUCTION DE GLACE ET DE PROCÉDURE DE REDÉMARRAGE	NIVEAU DE RISQUE
EBOD1	Modérée	Oui	Acceptable
EBOD2	Modérée	Oui	Acceptable
EBOD3	Modérée	Oui	Acceptable

Le niveau de risque de chute de glace est jugé faible pour les trois éoliennes du projet du Bois Drouet. 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.

## La zone d'emprise du risque de chute de glace



EnviroCité

Fond de carte : Photographie aérienne  
Source : Envirocité  
Réalisation : Envirocité 2024



**LEGENDE :**

- Eolienne du projet du Bois Drouet
- Aire d'étude de dangers
- Zone de risque de chute de glace
- Carrière SCTA
- Eolienne de Frénoville
- Garages de stockage
- Route structurante (RD41)
- Terrains aménagés mais peu fréquentés
- Terrains non aménagés et très peu fréquentés

Carte 17 : la zone d'emprise du risque de chute de glace

## M.2.3 LA CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

### M.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 détaillée des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments.

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor, soit 60 m.

### M.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 ( $R= 60$  m) et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB= 4,5$  m).

Tableau 40 : 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 60 M)			
ZONE D'IMPACT EN $m^2$	ZONE D'EFFET DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN $m^2$	DEGRÉ D'EXPOSITION DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN %	INTENSITÉ
$Z_i = R \cdot LB / 2$	$Z_e = \pi \times R^2$	$Z_i / Z_e$	Exposition forte
135 $m^2$	11 310 $m^2$	1,19 %	

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

### M.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 :

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

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

- 11 310  $m^2$ , soit 1,131 ha pour l'éolienne EBOD1 ;
- 11 310  $m^2$ , soit 1,131 ha pour l'éolienne EBOD2 ;
- 11 310  $m^2$ , soit 1,131 ha pour l'éolienne EBOD3.

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 de l'éolienne est de :

- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha pour l'éolienne EBOD1 ;
- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha pour l'éolienne EBOD2 ;
- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha pour l'éolienne EBOD3.

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 RD41, le linéaire concerné par le risque de chute d'éléments de l'éolienne est de :

- 0 m pour l'éolienne EBOD1 ;
- 0 m pour l'éolienne EBOD2 ;
- 0 m pour l'éolienne EBOD3.

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 10,816 véhicules par km au regard du trafic de 2 704 véhicules/jour).

Pour les zones d'activités, la zone d'effet du scénario de chute d'éléments de l'éolienne est de :

- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur la carrière SCTA, 0 m<sup>2</sup> soit 0 ha sur l'éolienne de Frénoville et 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur les garages de location pour l'éolienne EBOD1 ;
- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur la carrière SCTA, 0 m<sup>2</sup> soit 0 ha sur l'éolienne de Frénoville et 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur les garages de location pour l'éolienne EBOD2 ;
- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur la carrière SCTA, 0 m<sup>2</sup> soit 0 ha sur l'éolienne de Frénoville et 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur les garages de location pour l'éolienne EBOD3.

Ces chiffres sont à mettre en relation avec la fréquentation maximum simultanée de ces zones d'activités, à savoir 0,899 personnes pour 1 ha pour la carrière SCTA, 12,085 personnes pour 1 ha pour l'éolienne de Frénoville et 10,816 personnes pour 1 ha pour les garages de location.

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

Tableau 41 : 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	RD41	ZONE D'ACTIVITÉ	TOTAL	GRAVITÉ
EBOD1	0,011	0	0	0	0,011 (inférieur à 1 personne)	Sérieuse
EBOD2	0,011	0	0	0	0,011 (inférieur à 1 personne)	Sérieuse
EBOD3	0,011	0	0	0	0,011 (inférieur à 1 personne)	Sérieuse

### M.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<sup>-4</sup> 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.

### M.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).

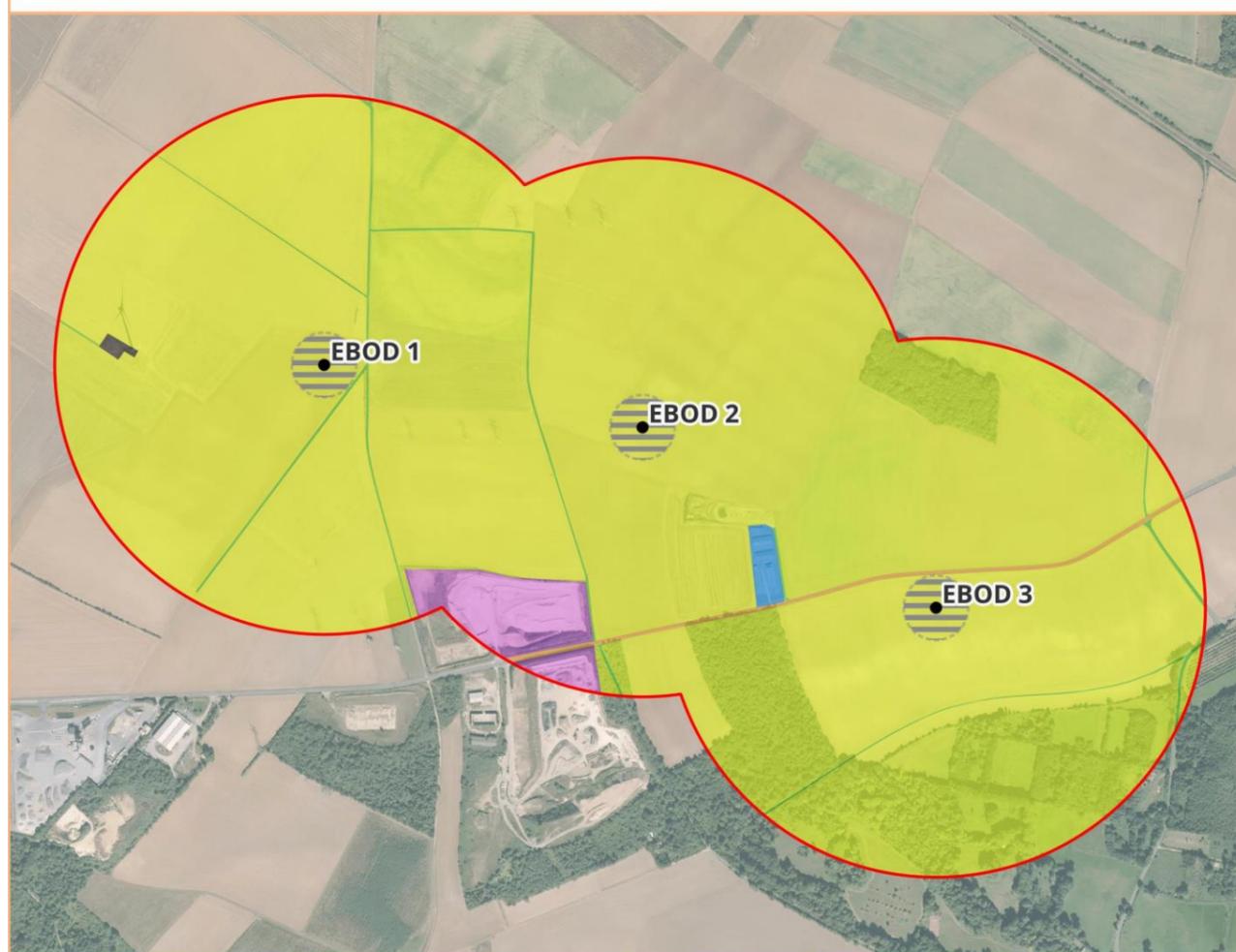
Tableau 42 : acceptabilité du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À D/2 = ZONE DE SURVOL, SOIT 60 M)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
EBOD1	Sérieuse	Acceptable
EBOD2	Sérieuse	Acceptable
EBOD3	Sérieuse	Acceptable

Le niveau de risque de chute d'éléments d'éolienne est jugé faible pour les trois éoliennes du projet du Bois Drouet. 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.

## La zone d'emprise du risque de chute d'éléments d'éolienne



EnviroCité

Fond de carte : Photographie aérienne  
Source : Envirocité  
Réalisation : Envirocité 2024



### LEGENDE :

- Eolienne du projet du Bois Drouet
- Aire d'étude de dangers
- ▨ Zone de risque de chute d'éléments d'éolienne
- Carrière SCTA
- Eolienne de Frénoville
- Garages de stockage
- Route structurante (RD41)
- Terrains aménagés mais peu fréquentés
- Terrains non aménagés et très peu fréquentés

Carte 18 : la zone d'emprise du risque de chute d'éléments de l'éolienne

## M.2.4 LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

### M.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.

### M.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 ( $R= 60$  m) et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB= 4,5$  m).

Tableau 43 : 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)			
ZONE D'IMPACT EN M <sup>2</sup>	ZONE D'EFFET DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN M <sup>2</sup>	DEGRÉ D'EXPOSITION DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN %	INTENSITÉ
$Z_i=R*LB/2$	$Z_E= \pi \times (500)^2$	$Z_i/Z_E$	Exposition modérée
135 m <sup>2</sup>	785 398 m <sup>2</sup>	0,02%	

### M.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 :

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

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles et forestières), la zone d'effet du scénario de projection de pale ou de fragments de pales est de :

- 764 589 m<sup>2</sup>, soit 76,459 ha pour l'éolienne EBOD1 ;
- 723 594 m<sup>2</sup>, soit 72,359 ha pour l'éolienne EBOD2 ;
- 765 340 m<sup>2</sup>, soit 76,534 ha pour l'éolienne EBOD3.

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 fragments de pales est de :

- 10 054 m<sup>2</sup>, soit 1,101 ha pour l'éolienne EBOD1 ;
- 4 419 m<sup>2</sup>, soit 0,442 ha pour l'éolienne EBOD2 ;
- 5 192 m<sup>2</sup>, soit 0,519 ha pour l'éolienne EBOD3.

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 RD41, le linéaire concerné par le risque de projection de pale ou de fragments de pales est de :

- 0 m pour l'éolienne EBOD1 ;
- 677 m pour l'éolienne EBOD2 ;
- 1 000 m pour l'éolienne EBOD3.

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 10,816 véhicules par km au regard du trafic de 2 704 véhicules/jour).

Pour les zones d'activités, la zone d'effet du scénario de projection de pale ou de fragments de pales est de :

- 8 835 m<sup>2</sup>, soit 0,883 ha sur la carrière SCTA, 1 655 m<sup>2</sup> soit 0,166 ha sur l'éolienne de Frénoville et 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur les garages de location pour l'éolienne EBOD1 ;
- 44 730 m<sup>2</sup>, soit 4,473 ha sur la carrière SCTA, 0 m<sup>2</sup> soit 0 ha sur l'éolienne de Frénoville et 7 294 m<sup>2</sup>, soit 0,729 ha sur les garages de location pour l'éolienne EBOD2 ;
- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur la carrière SCTA, 0 m<sup>2</sup> soit 0 ha sur l'éolienne de Frénoville et 7 294 m<sup>2</sup>, soit 0,729 ha sur les garages de location pour l'éolienne EBOD3.

Ces chiffres sont à mettre en relation avec la fréquentation maximum simultanée de ces zones d'activités, à savoir 0,899 personnes pour 1 ha pour la carrière SCTA, 12,085 personnes pour 1 ha pour l'éolienne de Frénoville et 10,816 personnes pour 1 ha pour les garages de location.

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 fragments de pales et la gravité associée (les méthodes de calculs sont détaillées en annexe).

Tableau 44 : 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	RD41	ZONE D'ACTIVITÉ	TOTAL	GRAVITÉ
EBOD1	0,765	0,101	0	2,794	3,659 (moins de 10 personnes exposées)	Sérieuse
EBOD2	0,724	0,044	7,322	12,020	22,110 (entre 10 et 100 personnes exposées)	Importante
EBOD3	0,765	0,052	10,816	7,999	19,633 (entre 10 et 100 personnes exposées)	Importante

#### M.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 45 : 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 x 10 <sup>-6</sup>	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	1, 1 x 10 <sup>-3</sup>	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances [6]	6,1 x 10 <sup>-4</sup>	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 x 10<sup>-4</sup> 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 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 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 ».

#### M.2.4.5 L'ACCEPTABILITÉ

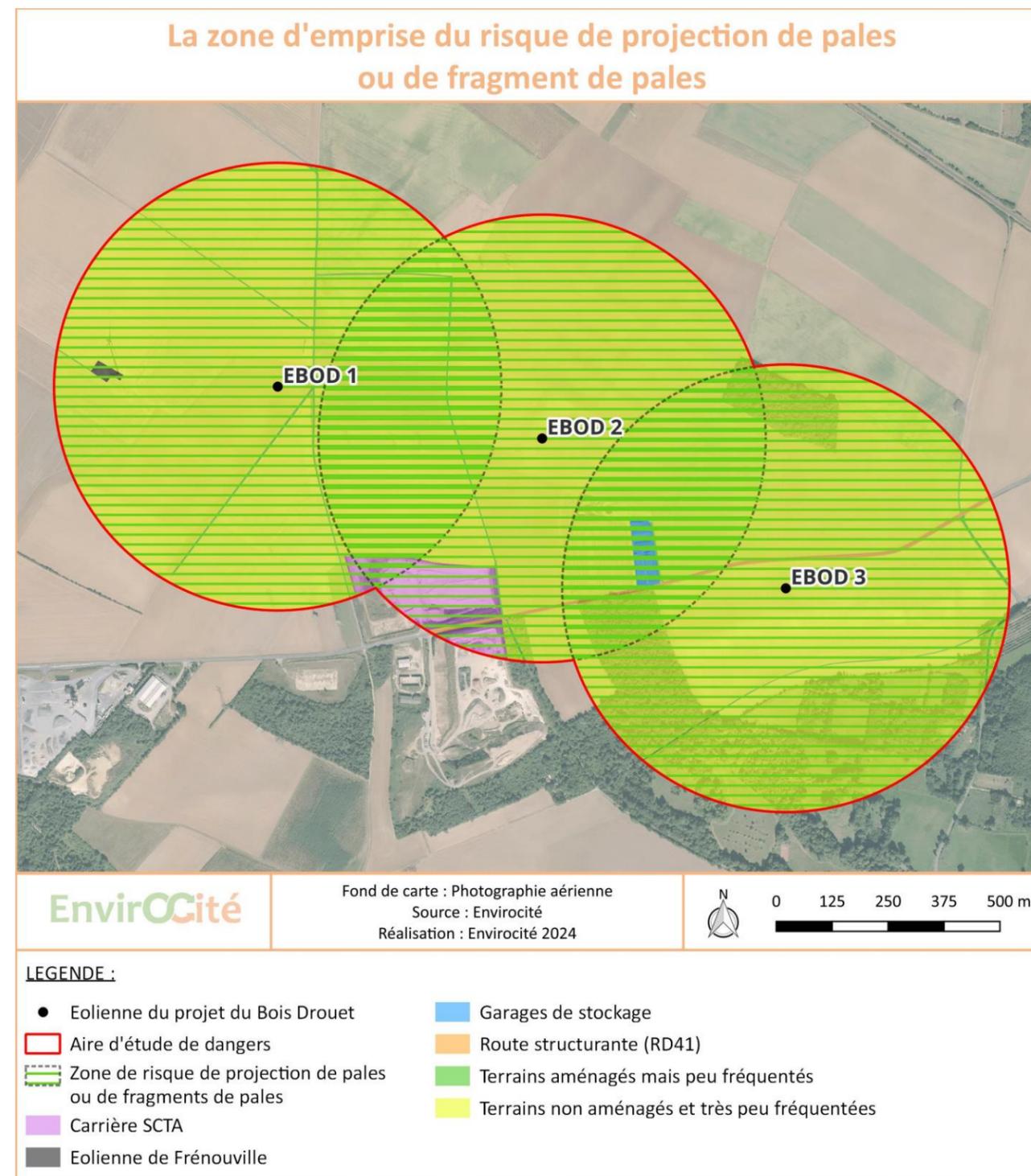
Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 46 : 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	NIVEAU DE RISQUE
EBOD1	Sérieuse	Acceptable
EBOD2	Importante	Acceptable
EBOD3	Importante	Acceptable

Le niveau de risque de projection de pale ou de fragment de pale est jugé faible pour les éoliennes EBOD2 et EBOD3. 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 pâles) 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.



Carte 19 : la zone d'emprise du risque de projection de pale ou de fragment de pale

## M.2.5 LA PROJECTION DE GLACE

### M.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 =  $1,5 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{diamètre de rotor})$ , soit 337,5 m.

Cette distance de projection est jugée conservatrice 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.

### M.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 m<sup>2</sup>) 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.  $Z_i$  est le degré d'exposition,  $Z_i$  la zone d'impact,  $Z_e$  la zone d'effet,  $R$  la longueur de pale ( $R = 60$  m),  $H$  la hauteur au moyeu ( $H = 105$  m), et  $SG$  la surface majorante d'un morceau de glace ( $SG = 1$  m<sup>2</sup>).

Tableau 47 : intensité du scénario « projection de morceaux de glace »

PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE (DANS UN RAYON DE $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ AUTOUR DE L'ÉOLIENNE, SOIT 337,5 M)			
ZONE D'IMPACT EN M <sup>2</sup>	ZONE D'EFFET DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN M <sup>2</sup>	DEGRÉ D'EXPOSITION DU PHÉNOMÈNE ÉTUDIÉ EN %	INTENSITÉ
$Z_i = SG$	$Z_e = \pi \times (1,5 \times (H+2R))^2$	$Z_i/Z_e$	Exposition modérée
1 m <sup>2</sup>	357 847 m <sup>2</sup>	0,0003%	

### M.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 :

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

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

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

- 352 490 m<sup>2</sup>, soit 35,249 ha pour l'éolienne EBOD1 ;
- 350 678 m<sup>2</sup>, soit 35,068 ha pour l'éolienne EBOD2 ;

- 346 422 m<sup>2</sup>, soit 34,542 ha pour l'éolienne EBOD3.

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 :

- 5 288 m<sup>2</sup>, soit 0,529 ha pour l'éolienne EBOD1 ;
- 2 313 m<sup>2</sup>, soit 0,231 ha pour l'éolienne EBOD2 ;
- 1 607 m<sup>2</sup>, soit 0,161 ha pour l'éolienne EBOD3.

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 RD41, 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.

Pour les zones d'activités, la zone d'effet du scénario de projection de glace est de :

- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur la carrière SCTA, 0 m<sup>2</sup> soit 0 ha sur l'éolienne de Frénoville et 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur les garages de location pour l'éolienne EBOD1 ;
- 1 624 m<sup>2</sup>, soit 0,162 ha sur la carrière SCTA, 0 m<sup>2</sup> soit 0 ha sur l'éolienne de Frénoville et 3 181 m<sup>2</sup>, soit 0,318 ha sur les garages de location pour l'éolienne EBOD2 ;
- 0 m<sup>2</sup>, soit 0 ha sur la carrière SCTA, 0 m<sup>2</sup> soit 0 ha sur l'éolienne de Frénoville et 4 909 m<sup>2</sup>, soit 0,491 ha sur les garages de location pour l'éolienne EBOD3.

Ces chiffres sont à mettre en relation avec la fréquentation maximum simultanée de ces zones d'activités, à savoir 0,899 personnes pour 1 ha pour la carrière SCTA, 12,085 personnes pour 1 ha pour l'éolienne de Frénoville et 10,816 personnes pour 1 ha pour les garages de location.

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 48 : 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	RD41	ZONE D'ACTIVITÉ	TOTAL	GRAVITÉ
EBOD1	0,352	0,053	/	0	0,405 (inférieur à 1 personne)	Modérée
EBOD2	0,350	0,023	/	3,635	4,008 (entre 1 et 10 personnes)	Sérieuse
EBOD3	0,346	0,016	/	5,384	5,746 (entre 1 et 10 personnes)	Sérieuse

### M.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'arrêté 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.

**M.2.5.5 L'ACCEPTABILITÉ**

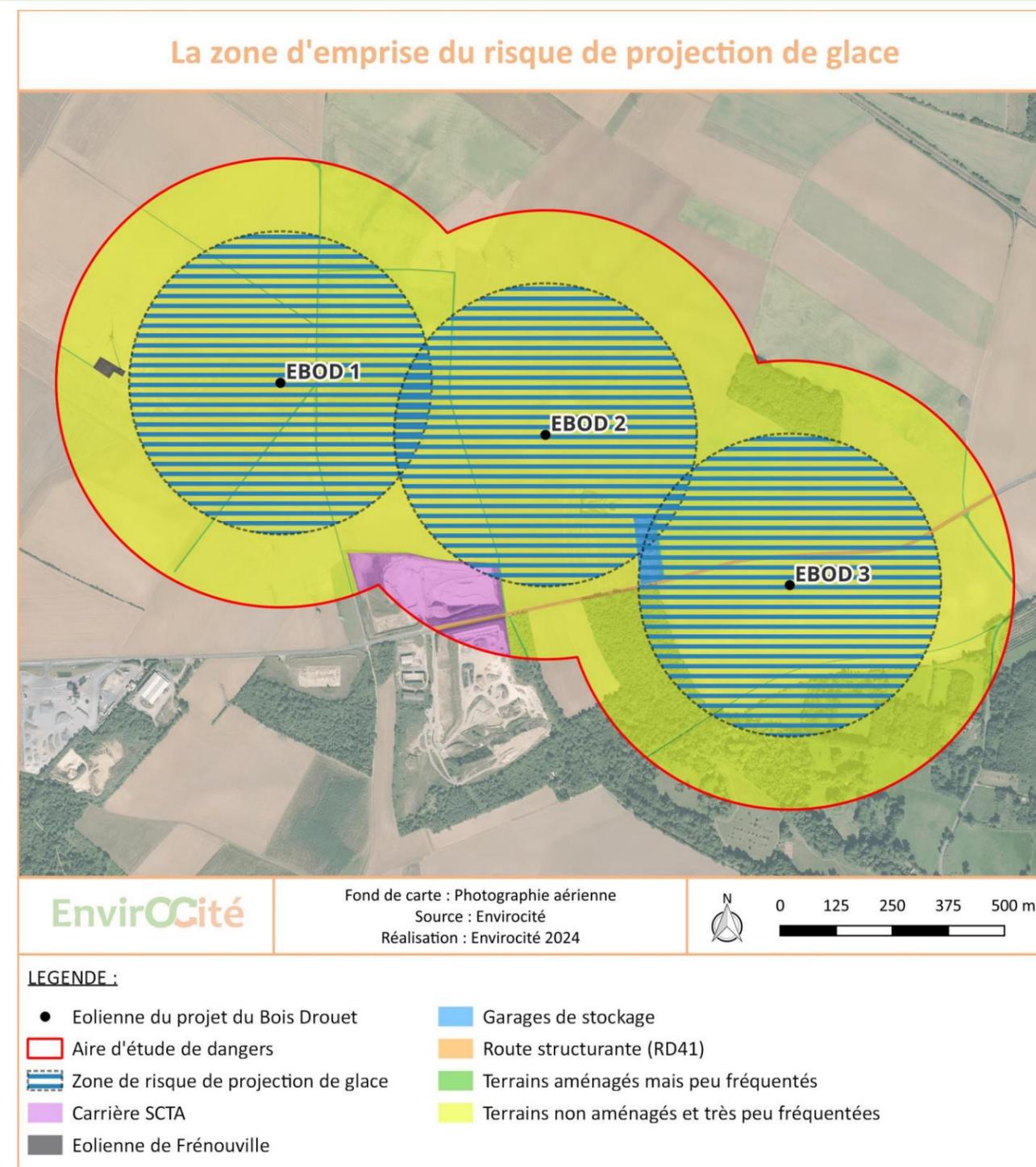
Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 49 : acceptabilité du scénario « projection de morceaux de glace »

PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE (DANS UN RAYON DE $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ AUTOUR DE L'ÉOLIENNE, SOIT 337,5 M)			
ÉOLIENNE	GRAVITÉ	PRÉSENCE DE SYSTÈME D'ARRÊT EN CAS DE DÉTECTION OU DÉDUCTION DE GLACE ET DE PROCÉDURE DE REDÉMARRAGE	NIVEAU DE RISQUE
EBOD1	Modérée	Oui	Acceptable
EBOD2	Sérieuse	Oui	Acceptable
EBOD3	Sérieuse	Oui	Acceptable

Le niveau de risque de projection morceau de glace est jugé faible pour les éoliennes EBOD2 et EBOD3. L'acceptabilité de ce scénario est donc conditionnée, pour ces éoliennes, 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 20 : la zone d'emprise du risque de projection de glace

## M.3 LA SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

### M.3.1 LE TABLEAU DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

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

Tableau 50 : synthèse des scénarios étudiés

SCÉNARIO	ZONE D'EFFET	CINÉTIQUE	INTENSITÉ	PROBABILITÉ	GRAVITÉ
Effondrement de l'éolienne (S1)	Disque d'un rayon de 150 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition forte	D	Sérieuse pour EBOD1 et EBOD2
					Importante pour EBOD3
Chute de glace (S2)	Disque d'un rayon de 60 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
Chute d'élément de l'éolienne (S3)	Disque d'un rayon de 60 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	Sérieuse pour EBOD1
					Importante pour EBOD2 et EBOD3
Projection de glace (S5)	Disque d'un rayon de 337,5 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée pour EBOD1
					Sérieuse pour EBOD2 et EBOD3

### M.3.2 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 (les différences de niveau de risque entre éoliennes sont indiquées au sein du tableau).

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.

Tableau 51 : synthèse des scénarios étudiés (source : guide technique, mai 2012)

GRAVITÉ DES CONSÉQUENCES	CLASSE DE PROBABILITÉ				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		S1 (EBOD3) S4 (EBOD2 et EBOD3)			
Sérieux		S1 (EBOD1 et EBOD2) S4 (EBOD1)	S3	S5 (EBOD2 et EBOD3)	
Modéré				S5 (EBOD1)	S2

Légende de la matrice :

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

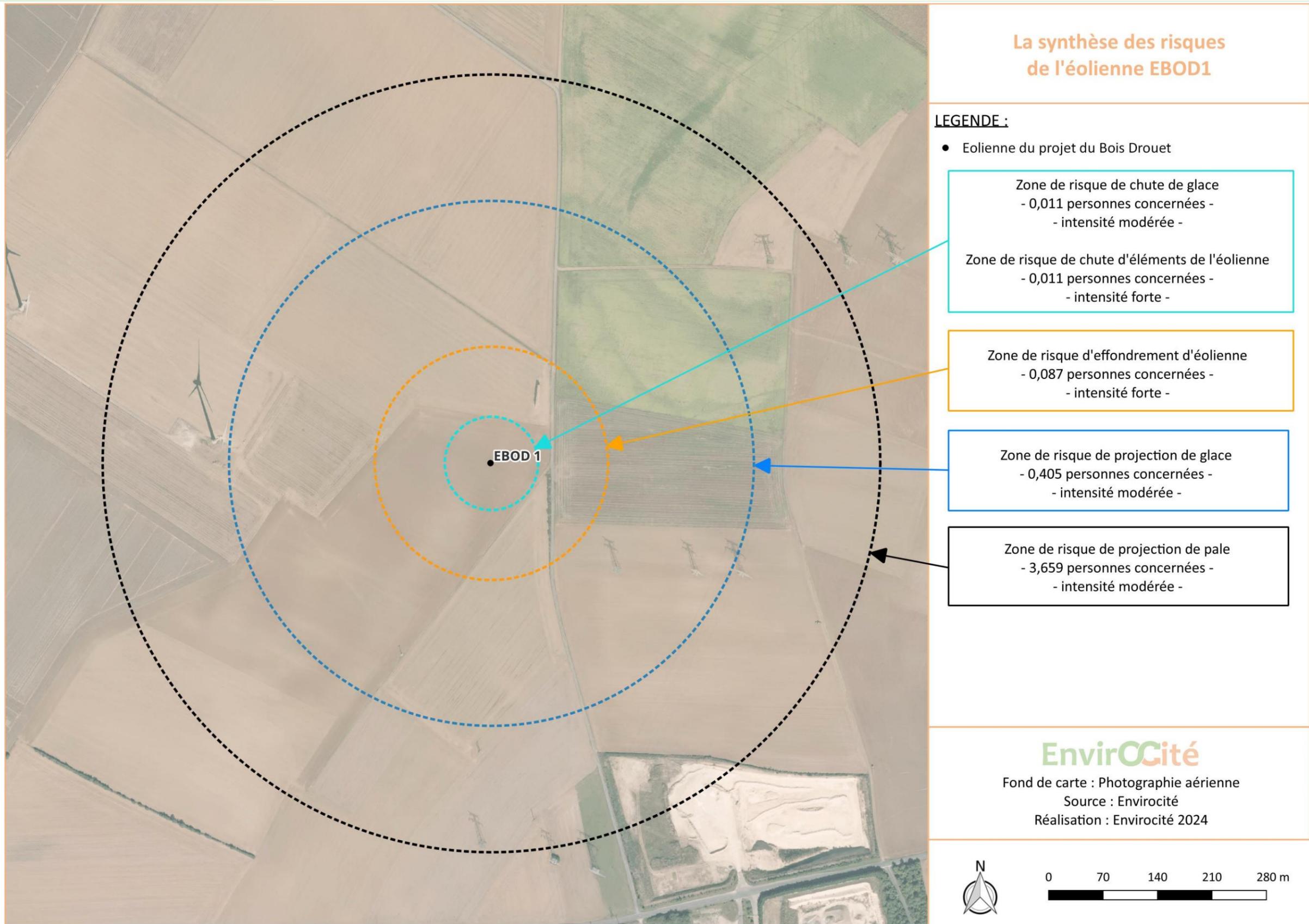
### M.3.3 LA CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Les cartes ci-après constituent la synthèse des risques au sein de l'aire d'étude de dangers par éolienne du parc éolien du BOIS DROUET.

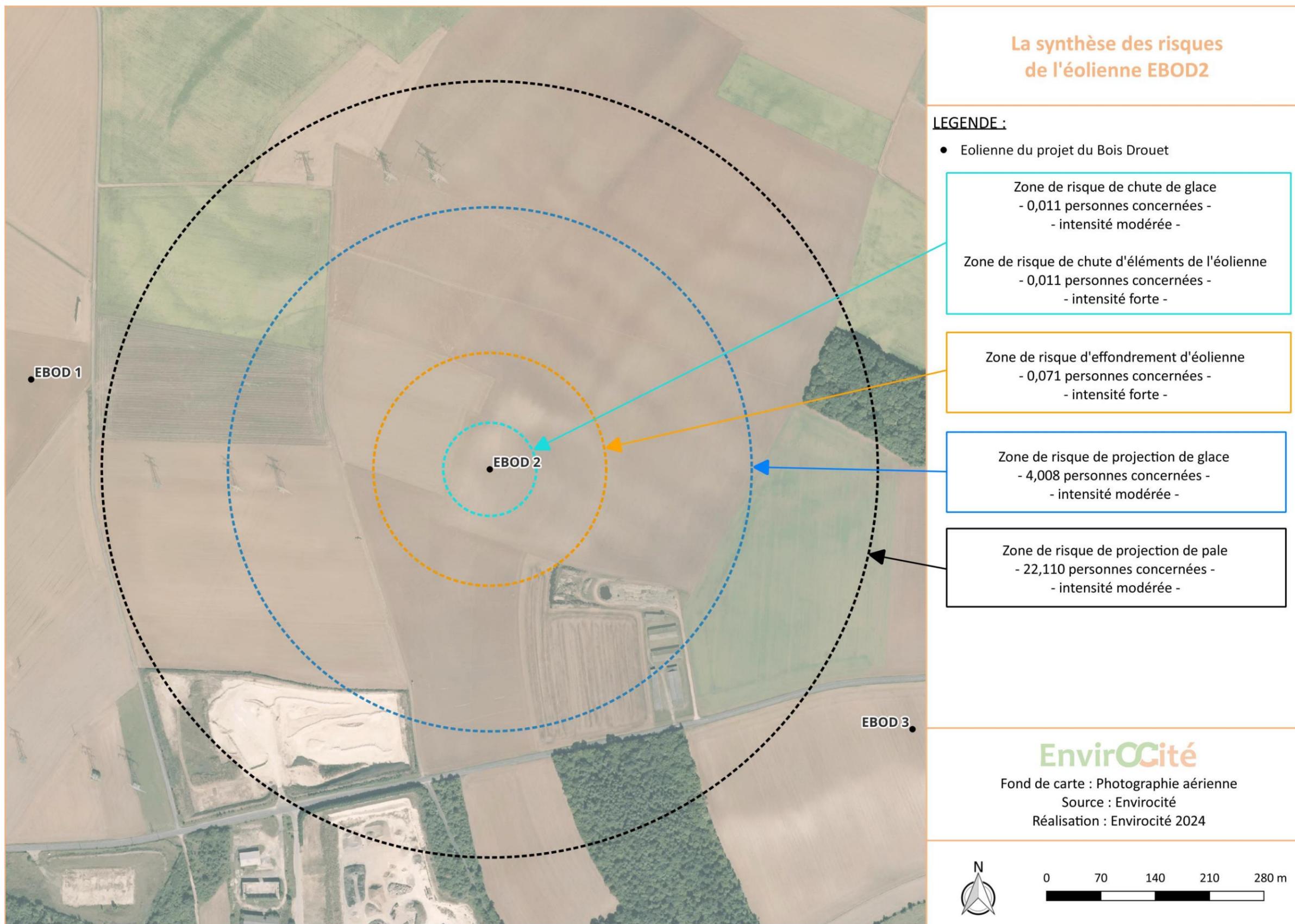


Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

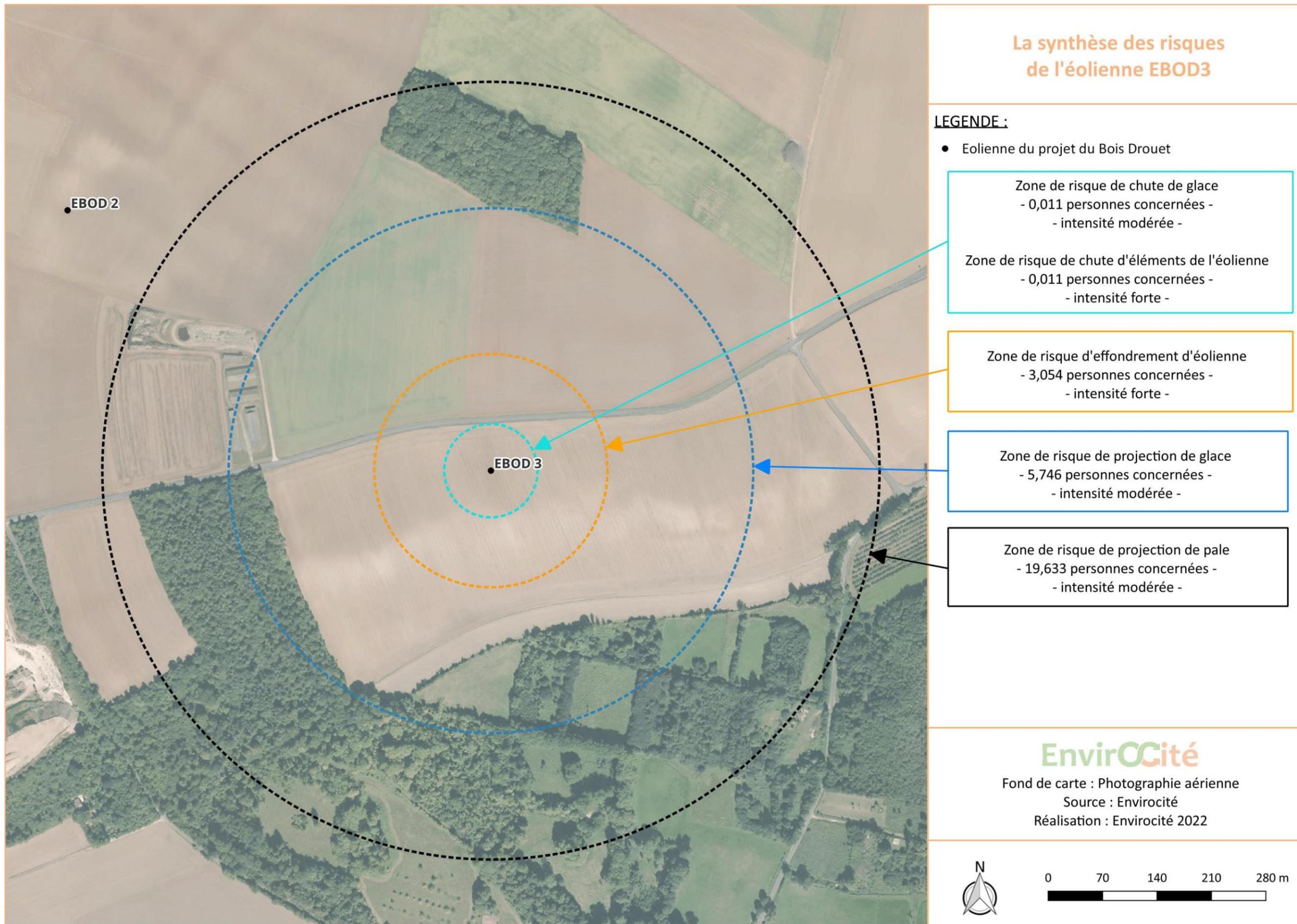
- Trois scénarios d'accidents sont jugés acceptables pour l'éolienne EBOD1 (effondrement de l'éolienne, projection de pale et projection de glace) et un scénario pour l'éolienne EBOD2 (effondrement de l'éolienne). Ils ne nécessitent pas de mesure de maîtrise de risque particulière ;
- Deux scénarios pour l'ensemble des éoliennes (chute de glace et chute d'éléments) ainsi que deux scénarios pour l'éolienne EBOD2 (projection de pale et projection de glace) et trois scénarios pour l'éolienne EBOD3 (effondrement de l'éolienne, projection de pale et projection de glace) figurent en case jaune pour un risque acceptable sous condition de mise en œuvre de mesures de maîtrise de risque. Ces mesures ont été détaillées dans l'étude et permettent de rendre acceptable les risques concernés ;
- Aucun scénario accident n'apparaît dans les cases rouges « non acceptables » de la matrice.



Carte 21 : la synthèse des scénarios d'accident de l'étude de dangers de l'éolienne EBOD1



Carte 22 : la synthèse des scénarios d'accident de l'étude de dangers de l'éolienne EBOD2



Carte 23 : la synthèse des scénarios d'accident de l'étude de dangers de l'éolienne EBOD3

## N. CONCLUSION

Les principaux risques identifiés pour le parc éolien du BOIS DROUET 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. Les éléments de risques externes du site d'implantation ont été pris en compte : recul aux lignes électriques HTB, canalisation de gaz MPE, éoliennes en exploitation de Frénoville...

L'environnement du site ne présente pas d'autres facteurs d'aggravation de ces risques. Les enjeux autour du site restent très limités. Les terrains autour du projet concernent essentiellement des parcelles agricoles desservies par des chemins agricoles très peu fréquentés. Notons également la présence ponctuelle de la RD41, de la carrière SCTA et de garages de location pour le stockage de camping-car et caravanes. La première habitation occupée est distante de 620 m des éoliennes en 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/déduction 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.

Tableau 52 : synthèse des principaux risques identifiés

SCÉNARIO	INTENSITÉ	PROBABILITÉ	GRAVITÉ	ACCEPTABILITÉ
Effondrement de l'éolienne (S1)	Exposition forte	D	Sérieuse pour EBOD1 et EBOD2	Oui
			Importante pour EBOD3	Oui sous condition de mise en œuvre des mesures de maîtrise de risque prévues dans le projet
Chute de glace (S2)	Exposition modérée	A	Modérée	Oui sous condition de mise en œuvre des mesures de maîtrise de risque prévues dans le projet
Chute d'élément de l'éolienne (S3)	Exposition forte	C	Sérieuse	Oui sous condition de mise en œuvre des mesures de maîtrise de risque prévues dans le projet
Projection de pales ou fragments de pales (S4)	Exposition modérée	D	Sérieuse pour EBOD1	Oui
			Importante pour EBOD2 et EBOD3	Oui sous condition de mise en œuvre des mesures de maîtrise de risque prévues dans le projet
Projection de glace (S5)	Exposition modérée	B	Modérée pour EBOD1	Oui
			Sérieuse pour EBOD2 et EBOD3	Oui sous condition de mise en œuvre des mesures de maîtrise de risque prévues dans le projet

L'ensemble des risques du projet est jugé acceptable vis-à-vis de la matrice réglementaire d'acceptabilité du risque.

Plusieurs risques devront toutefois faire l'objet de mesures de maîtrise du risque :

- L'effondrement d'éoliennes pour EBOD3 - conformément à 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, un contrôle des fondations et des différentes pièces d'assemblage des éoliennes sera réalisé avant la mise en service industrielle et régulièrement durant la période d'exploitation des installations. Des essais et tests réguliers seront menés pour vérifier l'état des équipements de mise à l'arrêt des éoliennes ;
- La chute de glace pour toutes les éoliennes - conformément à 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, les éoliennes seront équipées d'un système de détection/déduction de formation de glace et un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, c'est-à-dire en amont de la zone d'effet de ce phénomène. Ces mesures permettront de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid ;
- La chute d'éléments pour toutes les éoliennes - conformément à 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, un contrôle des fondations et des différentes pièces d'assemblage des éoliennes sera réalisé avant la mise en service industrielle et régulièrement durant la période d'exploitation des installations. Des essais et tests réguliers seront menés pour vérifier l'état des équipements de mise à l'arrêt des éoliennes. Par ailleurs un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute d'éléments) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, c'est-à-dire en amont de la zone d'effet de ce phénomène ;
- La projection de pales ou fragments de pales pour EBOD2 et EBOD3 – conformément à 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, un contrôle des fondations et des différentes pièces d'assemblage des éoliennes sera réalisé avant la mise en service industrielle et régulièrement durant la période d'exploitation des installations. Des essais et tests réguliers seront menés pour vérifier l'état des équipements de mise à l'arrêt des éoliennes. Des capteurs de température permettront de prévenir l'échauffement des pièces mécaniques et détermineront des mesures d'arrêt ou de bridage jusqu'à refroidissement des pièces concernées. Un dispositif d'arrêt des éoliennes sera mis en œuvre en cas de tempête ;
- La projection de glace pour EBOD2 et EBOD3 - conformément à 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, les éoliennes seront équipées d'un système de détection/déduction de formation de glace avec une mise à l'arrêt des éoliennes en cas de formation de glace.



**Le parc éolien du BOIS DROUET 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.**

# O. 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).

### O.1.1 LA MÉTHODE DE COMPTAGE

#### O.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.

#### O.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 13 : le nombre de personnes exposées sur les voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic

#### O.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 =  $0,4 \times 0,5 \times 20\ 000/100 = 40$  personnes

##### O.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.

##### O.1.1.3.2 Les voies navigables

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

##### O.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.

#### O.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.

#### O.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.

#### O.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	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	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 entraînant 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).

#### O.1.2 LES SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIÉS À LA GLACE (G01, G02)

##### O.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.

##### O.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.

#### O.1.3 LES SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 À I07)

Les éventuels incendies interviendront dans le cas où 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 scénarios devant être regardé :

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

L'incendie peut aussi être provoqué par l'échauffement des pièces mécaniques en cas d'emballage 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'emballage peut notamment intervenir lors de pertes d'utilités. Ces pertes d'utilités peuvent être la conséquence de deux phénomènes :

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

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

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

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

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

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

#### O.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...).

##### O.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.

#### O.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.

### O.1.5 LES 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.

### O.1.6 LES 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.

#### O.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.

#### O.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

#### O.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.

### O.1.7 LES 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 :

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

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

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

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

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

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

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

Le tableau suivant 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	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$ (A)
Chute d'éléments	$10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	$10^{-4}$	$10^{-2}$	$10^{-6}$ (E)
Projection de morceaux de glace	$10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$ (E)

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

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

## Annexe 5 : LE GLOSSAIRE ET LA BIBLIOGRAPHIE

### O.1.8 LES 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** : Événement non désiré, tel qu'une émission de substance toxique, un incendie ou une explosion résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement qui entraîne des conséquences/ dommages vis à vis des personnes, des biens ou de l'environnement et de l'entreprise en général. C'est la réalisation d'un phénomène dangereux, combinée à la présence d'enjeux vulnérables exposés aux effets de ce phénomène.

**Cinétique** : Vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables (cf. art. 5 à 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005). Dans le tableau APR proposé, la cinétique peut être lente ou rapide. Dans le cas d'une cinétique lente, les enjeux ont le temps d'être mis à l'abri. La cinétique est rapide dans le cas contraire.

**Danger** : Cette notion définit une propriété intrinsèque à une substance (butane, chlore...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz...), à une disposition (élévation d'une charge...), à un organisme (microbes), etc., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable » (sont ainsi rattachées à la notion de « danger » les notions d'inflammabilité ou d'explosivité, de toxicité, de caractère infectieux, etc. inhérentes à un produit et celle d'énergie disponible [pneumatique ou potentielle] qui caractérisent le danger).

**Efficacité (pour une mesure de maîtrise des risques) ou capacité de réalisation** : Capacité à remplir la mission/fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. En général, cette efficacité s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction définie. Ce pourcentage peut varier pendant la durée de sollicitation de la mesure de maîtrise des risques. Cette efficacité est évaluée par rapport aux principes de dimensionnement adapté et de résistance aux contraintes spécifiques.

**Événement initiateur** : Événement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;
2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

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

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

- La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source ».
- Réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, ou par des plans d'urgence).

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

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

**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.

### O.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

### O.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 Gütisch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteutrois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005

## Annexe 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 m<sup>2</sup> 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 pâles 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 fabricant. La parade de conception mise en œuvre consiste à 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 - LUSSEY

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 milieu 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 autour 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'entraînement 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 fabricant 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 boîtier 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 fabricant 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 fuite, 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 mât. 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 m<sup>2</sup> en réalisant 7 sondages du sol. Seule une zone de pollution de 2 m<sup>2</sup> 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 fabricant. 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 brûlée 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. 50m<sup>2</sup> 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 agréée ;
- 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 m<sup>2</sup>. 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 suritesse 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 LIMOUZINIÈRE

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 la 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 premiers 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 pâles;
- 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 cm<sup>2</sup>.

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 sont 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 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 réalisés. 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-TE SSE

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 sécurité les 11 autres éoliennes. Un périmètre de sécurité de 150 m et une surveillance sont mis en place pour interdire l'accès au public.

La pale s'est brisée en 3 morceaux principaux (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 filiale.

### 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'évènement 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'évènement 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 PÂLE 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 pâles 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 pâles du site.

Des débris de pâles 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 filiale 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

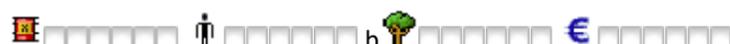


Le lendemain du passage de la tempête Ciara, des dommages sont visibles au niveau de l'aileron de la nacelle d'une éolienne. L'exploitant sécurise l'accès au site par la mise en place d'un périmètre de sécurité. L'aileron est sanglé par les pompiers puis le lendemain par le maintenancier. L'éolienne 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 manitou (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 aérodynamiques 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 boîte de vitesse située dans la nacelle d'une éolienne. La turbine s'arrête en sécurité à la suite de la détection de la fuite dans la machine. Le fond de la nacelle n'est pas pourvu de rétention, l'huile s'écoule le long du mât. 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 des 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 boîte 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 m<sup>2</sup> 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 (verniss, 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 ruisselle 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 pâles (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 m<sup>3</sup>) 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'incendie, 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 - BETHENVILLE

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 – 16 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 pâles apparaît 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 maîtrise 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.

### 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.

**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 boîte à clefs et coupé le câble d'antenne.

L'exploitant remplace la boîte à clefs et met en place une alarme anti-intrusion avec une surveillance 24/7.

**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 entraînant le déversement de l'huile.

À la suite de l'événement, l'exploitant installe des systèmes absorbants dans le bac de rétention en amont.

**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.

**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.

**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 m<sup>2</sup> de végétation ont brûlé. Le rotor et les pales sont détruits.

**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 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.

## Annexe 7 : RETOUR DE CONSULTATION DE L'ARMÉE

**De :** LEROY Xavier <xavier-e.leroy@intradef.gouv.fr>

**Envoyé :** mardi 28 janvier 2020 08:53

**À :** William MORICE <w.morice@vol-v.com>

**Objet :** Porté à connaissance afférent à votre demande de pré-consultation pour un projet éolien sur la commune de Bellengreville (14) - BR\_2140\_2019

Monsieur,

Après consultation des différents organismes des forces armées concernés par votre projet éolien de 10 aérogénérateurs d'une hauteur sommitale de 200 mètres, pale haute à la verticale, sur le territoire de la commune de Bellengreville (14) transmis par courriel en date du 05 décembre 2019, j'ai l'honneur de porter à votre connaissance que le projet ne fait l'objet d'aucune prescription locale, selon les principes actuellement appliqués.

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 réglementation 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, 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  
 Sous-direction régionale de la circulation aérienne militaire Nord  
 811 927 27 93 - 02 47 96 19 93 - xavier-e.leroy@intradef.gouv.fr

## Annexe 8 : RETOUR DE CONSULTATION DE L'AVIATION CIVILE



**Service national d'Ingénierie aéroportuaire**  
 « Construire ensemble, durablement »

Département SNIA-Ouest  
 Unité gestion administrative et domaniale

Nos réf. : N° 2020/1449-2 /T83248  
 Vos réf. : Votre courriel du 30/09/2020  
 Affaire suivie par : Muriel TESSON  
 snia-ouest-ads-bf@aviation-civile.gouv.fr  
 Tél. : 02 28 09 27 10

**Objet :** Pré-consultation 7 éoliennes – Bellengreville (14)

Monsieur,

Par courriel cité en référence, vous nous adressez une demande de recours concernant l'avis défavorable rendu par nos services le 25/09/2020, pour le développement d'un projet éolien constitué d'aérogénérateurs d'une hauteur hors sol de 150 mètres soit une altitude sommitale maximale de 187 mètres NGF (E5), sur des terrains situés sur la commune de Bellengreville.

Je vous informe qu'après nouvelle consultation auprès du Service de la Navigation Aérienne Ouest, celui-ci n'émet pas d'avis défavorable. Toutefois un préavis de **6 mois** pour la mise à jour des procédures devra impérativement être respecté avant le montage effectif des éoliennes, afin de mettre à jour la documentation aéronautique (dossier technique des procédures). Pour ce faire, vous devrez prévenir le SNIA-O pôle de Nantes (voir adresse ci-dessous ou par courriel : snia-ouest-ads-bf@aviation-civile.gouv.fr) de cette date de montage dans le respect de ce délai, à l'aide du formulaire de déclaration de montage qui sera joint à notre avis sur l'autorisation environnementale. En cas de non respect de ce délai, la sécurité aérienne ne serait pas garantie et le chantier devrait alors être repoussé.

En application de l'arrêté du 25 juillet 1990 relatif aux installations dont l'établissement à l'extérieur des zones grevées de servitudes aéronautiques de dégagement est soumis à autorisation, les éoliennes seront équipées d'un balisage diurne et nocturne : il conviendra de respecter l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

En conséquence, sous réserve du strict respect de ces conditions, je n'ai pas d'objection à formuler à l'encontre de ce projet.

Si votre projet doit se réaliser, il vous appartient de déposer la demande d'autorisation environnementale unique correspondante, à laquelle vous joindrez cet avis. Ce dernier est établi sur la base des informations techniques et réglementaires recueillies à ce stade du projet, et ne préjuge pas de celui qui sera rendu dans l'instruction de l'autorisation environnementale.

Service national d'Ingénierie aéroportuaire Ouest- Pôle de Nantes – Zone aéroportuaire – CS 14321 – 44341 Bouguenais cedex  
 Tél : 02 28 09 27 10

Je vous précise enfin que, pour son bon avancement, ce dossier doit également recevoir l'aval de l'autorité militaire compétente.

Veillez agréer, Monsieur, l'expression de ma considération distinguée.

Le chef du département SNA Ouest  
Christophe PERROQUIN