# PARC EOLIEN DE MILIN AR C'HANOL, COMMUNE DE GLOMEL (22)

## Dossier de demande d'autorisation environnementale

### Etude de dangers et résumé non technique



Dossier 19070005
Avril 2024

**Auddicé environnement**
Parc d'activité Le Long Buisson
380 rue Clément Ader
27930 Le Vieil-Evreux
**02 32 32 53 28**

# PARC EOLIEN DE MILIN AR C'HANOL, COMMUNE DE GLOMEL (22)

Dossier de demande d'autorisation environnementale

Etude de dangers et résumé non technique

| Version | Date | Description |
|---|---|---|
| **V1** | Avril 2024 | Etude de dangers et résumé non technique |


auddicé environnement urbanisme formation

www.auddice.com

**Agence nord**
(siège social)
ZAC du Chevalement
5 rue des Molettes
59286 Roost-Warendin
03 27 97 36 39

**Agence Est**
Espace Sainte-Croix
6 place Sainte-Croix
51000 Châlons-en-Champagne
03 26 64 05 01

**Agence Ouest**
PA Le Long Buisson
380 rue Clément Ader
27930 Le Vieil-Evreux
02 32 32 53 28

**Agence Val de Loire**
Pépinière d'Entreprises du Saumurois
Rue de la Chesnaie-Distré
49400 Saumur
02 41 51 98 39

**Agence Sud**
Rue de la Claustre
84390 Sault
04 90 64 04 65

# TABLE DES MATIÈRES

**PARTIE 1. RÉSUMÉ NON TECHNIQUE....5**
1.1 Introduction....6
1.2 Présentation de l'installation....6
1.3 Identification des dangers et analyse des risques associés....7
1.3.1 Les sources de dangers....7
1.3.2 Les enjeux à protéger....9
1.3.3 Analyse des risques....9
1.3.3.1 Analyse du retour d'expérience....9
1.3.3.2 Analyse préliminaire des risques....9
1.3.3.3 Mesures de maitrise des risques....10
1.3.3.4 Conclusion de l'analyse préliminaire....10
1.3.4 Etude détaillée des risques....10
1.3.4.1 Cotation de chaque scénario....10
1.3.4.2 Tableau de synthèse de l'étude détaillée....11
1.3.4.3 Cartes des risques avec zones de risque et vulnérabilités identifiées....12
1.4 Conclusion....13
**PARTIE 2. ETUDE DE DANGERS....15**
**CHAPITRE 1. PRÉAMBULE....15**
1.1 Objectif de l'étude de dangers....16
1.2 Contexte législatif et réglementaire....16
1.3 Nomenclature des installations classées....17
1.4 Document de référence, guide technique INERIS/SER FEE....17
**CHAPITRE 2. INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION....19**
2.1 Renseignements administratifs....20
2.2 Localisation du site....20
2.3 Définition de l'aire d'étude....20
**CHAPITRE 3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION....23**
3.1 Environnement humain....24
3.1.1 Zones urbanisées....24
3.1.2 Etablissements recevant du public (ERP)....24
3.1.3 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base....24
3.1.4 Autres activités....24
3.2 Environnement naturel....26
3.2.1 Contexte climatique....26
3.2.2 Risques naturels....26
3.3 Environnement matériel....28
3.3.1 Voies de communication....28
3.3.2 Réseaux publics et privés....28
3.3.3 Autres ouvrages publics....28
3.4 Cartographie de synthèse....29
3.4.1 Méthodologie de comptage....29
3.4.2 Hypothèses de travail....29
**CHAPITRE 4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION....31**
4.1 Caractéristiques de l'installation....32
4.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien....32
4.1.1.1 Eléments constitutifs d'un aérogénérateur....32
4.1.1.2 Emprise au sol....32
4.1.1.3 Chemins d'accès....33
4.1.2 Activité de l'installation....33
4.1.3 Composition de l'installation....33
4.2 Fonctionnement de l'installation....35
4.2.1 Principe général du fonctionnement d'un aérogénérateur....35
4.2.2 Découpage fonctionnel de l'installation....35
4.2.3 Sécurité de l'installation....36
4.2.3.1 Règles de conception et système qualité....36
4.2.3.2 Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel....36
4.2.3.3 Sécurité positive de l'éolienne – redondance des capteurs....37
4.2.3.4 Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes....37
4.2.3.5 Méthodes et moyens d'intervention....37
4.2.4 Opérations de maintenance de l'installation....37
4.2.5 Stockage et flux de produits dangereux....38
4.3 Fonctionnement des réseaux de l'installation....38
4.3.1 Raccordement électrique habituel d'un parc éolien....38
4.3.1.1 Réseau inter-éolien....38
4.3.1.2 Poste de livraison....38
4.3.1.3 Réseau électrique externe....38
4.3.2 Raccordement électrique du parc éolien de Milin Ar C'hanol....38
4.3.3 Autres réseaux....38
**CHAPITRE 5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION....39**
5.1 Potentiels de dangers liés aux produits....40
5.1.1 Inventaire des produits....40
5.1.2 Dangers des produits....41
5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation....41
5.3 Réduction des potentiels de dangers à la source....42
5.3.1 Principales actions préventives....42
5.3.1.1 Réduction des dangers liés aux produits....42
5.3.1.2 Réduction des dangers liés aux installations....42
5.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles....42
**CHAPITRE 6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE....43**
6.1 Inventaire des accidents et incidents en France....44
6.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international....45

6.3 Inventaire des accidents majeurs sur les sites de l'exploitant....46
6.4 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience....46
6.4.1 Analyse de l'évolution des accidents en France....46
6.4.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents....46
6.4.3 Limites d'utilisation de l'accidentologie....46
**CHAPITRE 7. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES....47**
7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques....48
7.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques....48
7.3 Recensement des agressions externes potentielles....48
7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines....48
7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels....49
7.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques....49
7.5 Effets dominos....52
7.6 Mise en place des mesures de sécurité....52
7.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques....57
**CHAPITRE 8. ETUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES....59**
8.1 Rappel des définitions....60
8.1.1 Cinétique....60
8.1.2 Intensité....60
8.1.3 Gravité....61
8.1.4 Probabilité....61
8.1.5 Acceptabilité....62
8.2 Sélection de l'éolienne la plus impactante....63
8.3 Caractérisation des scénarios retenus....64
8.3.1 Effondrement de l'éolienne....64
8.3.2 Chute de glace....66
8.3.3 Chute d'éléments de l'éolienne....68
8.3.4 Projection de pales ou de fragments de pales....70
8.3.5 Projection de glace....73
8.4 Synthèse de l'étude détaillée des risques....75
8.4.1 Tableau de synthèse des scénarios étudiés....75
8.4.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques....75
8.4.3 Cartographie des risques....76
**CHAPITRE 9. CONCLUSION....81**
**ANNEXES....83**
Annexe 1 : Bibliographie....84
Annexe 2 : Analyse de conformité à l'arrêté du 26 août 2011 modifié....85
Annexe 3 : Annexes au guide technique INERIS et compléments à l'accidentologie....87

## LISTE DES CARTES

Carte 1. Localisation du projet....21
Carte 2. Distance du projet aux habitations....25
Carte 3. Carte des enjeux....30
Carte 4. Carte des risques : E1....77
Carte 5. Carte des risques : E2....78
Carte 6. Carte des risques : E3....79

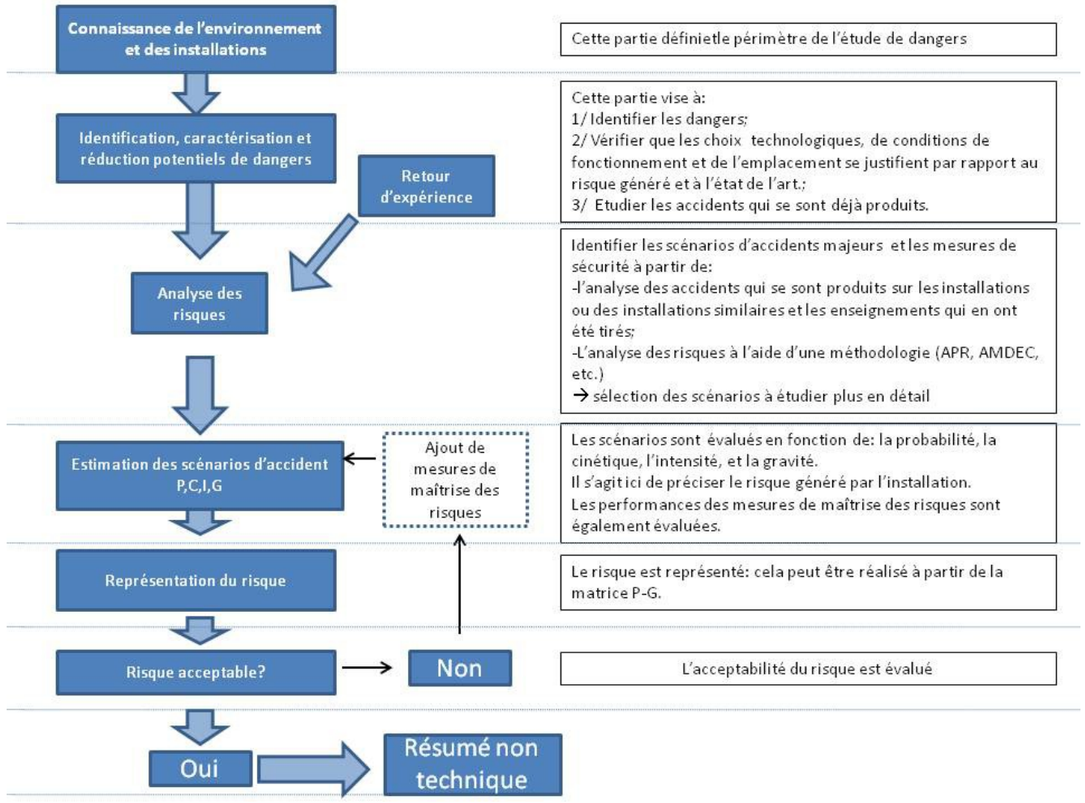
# PARTIE 1. RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

## 1.1 Introduction

Selon l'article L. 512-1 du Code de l'environnement, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. Les impacts de l'installation sur ces intérêts en fonctionnement normal sont traités dans l'étude d'impact sur l'environnement.

La démarche de l'étude consiste en une identification des dangers, des enjeux vulnérables et des conséquences éventuelles d'accidents. L'ajout systématique de mesures de prévention et/ou de protection doit permettre de diminuer le niveau de risque à un niveau acceptable.

La démarche de l'étude est résumée ainsi :

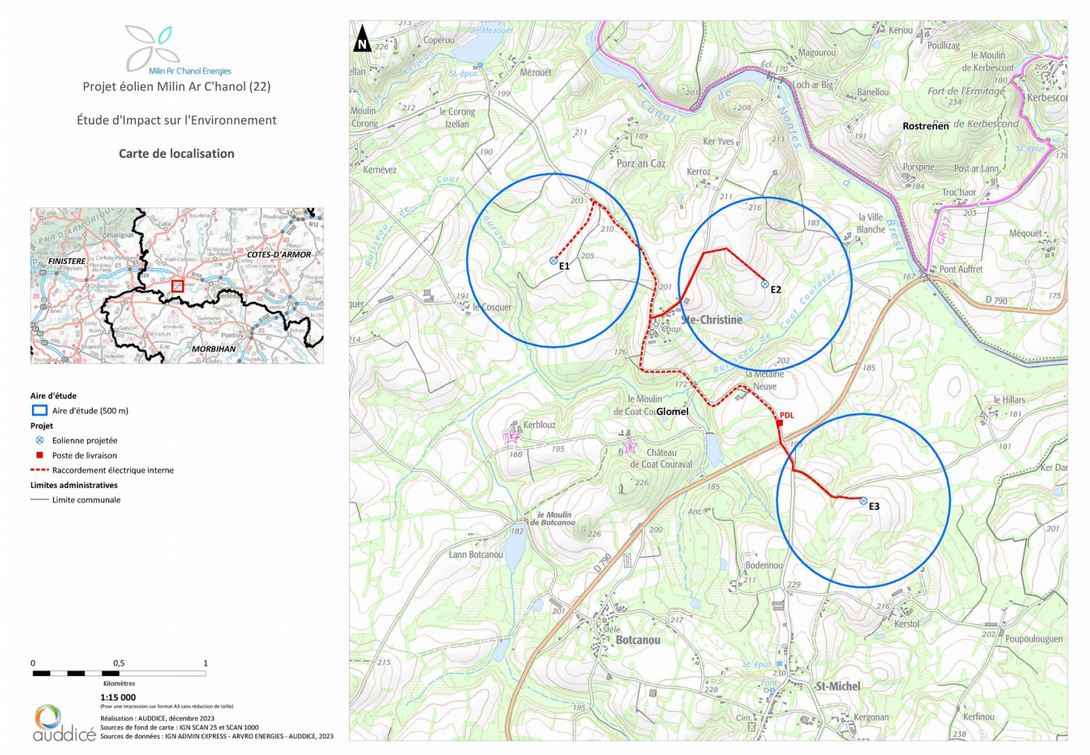



(Source : guide technique INERIS)

Cette étude se base sur le guide technique version de mai 2012, qui a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS et de professionnels du Syndicat des énergies renouvelables. Dans la suite de l'étude, ce guide sera appelé « guide technique ».

## 1.2 Présentation de l'installation

Le parc éolien de Milin Ar C'hanol, composé de trois aérogénérateurs et d'un poste de livraison, est localisé sur la commune de Glomel dans le département des Côtes d'Armor (22), en région Bretagne.




*Cf. Carte en pleine page, p.21*

A ce stade du projet, le modèle d'éoliennes n'est pas défini. Pour chacune des trois éoliennes, trois modèles d'éolienne sont envisagés. Leurs dimensions sont présentées dans le tableau suivant.

| Modèle d'éolienne | ENERCON E138-HH 131m | NORDEX N131-HH 134m | VESTAS V136-HH 132m |
|---|---|---|---|
| Puissance | 4,2 MW | 3,9 MW | 4,2 MW |
| Vitesse de coupure | 25 m/s | 25 m/s | 22,5 m/s |
| Hauteur du moyeu | 130,8 m | 134 m | 132 m |
| Longueur des pales | 67,795 m | 64,4 m | 66,66 m |
| Diamètre du rotor | 138,25 m | 131 m | 136 m |
| Diamètre de survol | 140,1 m | 133,3 m | 138,5 m |
| Hauteur en bout de pale | 199,9 m | 199,5 m | 200 m |
| Largeur à la base du mât | 5,23 m | 4,3 m | 5,3 m |
| Largeur max d'une pale | 3,956 m | 3,94 m | 4,1 m |

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateur et du poste de livraison.

| Nom de l'installation | L93 (m) | | WGS84 | | Altitude (m NGF) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | Longitude | Latitude | Terrain naturel $Z_{TN}$ | En bout de pale (max) $Z_{SOMMET}$ |
| E1 | 227 877 | 6 809 407 | 3°21'46.7179" O | 48°12'49.3902" N | 200 | 400 |
| E2 | 229 101 | 6 809 271 | 3°20'47.0576" O | 48°12'48.1867" N | 183 | 383 |
| E3 | 229 670 | 6 808 022 | 3°21'39.4805" O | 48°12'4.7714" N | 209 | 409 |
| PDL | 229 185 | 6 808 472 | 3°20'39.8918" O | 48°12'22.6073" N | 196 | - |

## 1.3 Identification des dangers et analyse des risques associés

### 1.3.1 Les sources de dangers

Un parc éolien est soumis aux risques naturels par les dimensions imposantes de l'ouvrage mais également aux risques de défaillance d'équipements constituant l'éolienne.

Les risques naturels sont susceptibles de constituer des agresseurs potentiels et sont donc pris en compte dans l'analyse préliminaire des risques :

- Sismicité ;
- Mouvements de terrain (aléas glissement de terrain, cavités souterraines, etc.) ;
- Aléa retrait-gonflement des argiles ;
- Foudre ;
- Vents violents ;
- Incendies de forêts et de cultures ;
- Inondations.

Des ouvrages (voies de communications par exemple) ou des installations classées à proximité des aérogénérateurs, peuvent présenter également un risque externe.

Les dangers potentiels relatifs au fonctionnement des éoliennes sont recensés dans le tableau suivant :

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

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

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

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

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines :

| Infrastructure | Fonction | Evénement redouté | Danger potentiel | Périmètre | Distance de la voie la plus proche par rapport au mât des éoliennes |
|---|---|---|---|---|---|
| Voies de circulation | Transport | Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules | Energie cinétique des véhicules et flux thermiques | 200 m | E1 : 140 m d'une route secondaire<br>E2 : 400 m d'une route secondaire ;<br>E3 : 90 m d'une route secondaire |
| Aérodrome | Transport aérien | Chute d'aéronef | Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique | 2000 m | Non concerné - Infrastructure au-delà du périmètre de 2 km. |
| Ligne THT | Transport d'électricité | Rupture de câble | Arc électrique, surtensions | 200 m | Non concerné - Absence de lignes THT dans le périmètre.<br>(la ligne HTA à proximité de E3 sera enfouie) |
| Autres aérogénérateurs | Production d'électricité | Accident générant des projections d'éléments | Energie cinétique des éléments projetés | 500 m | Distances inter-éoliennes supérieures à 500 m. |

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

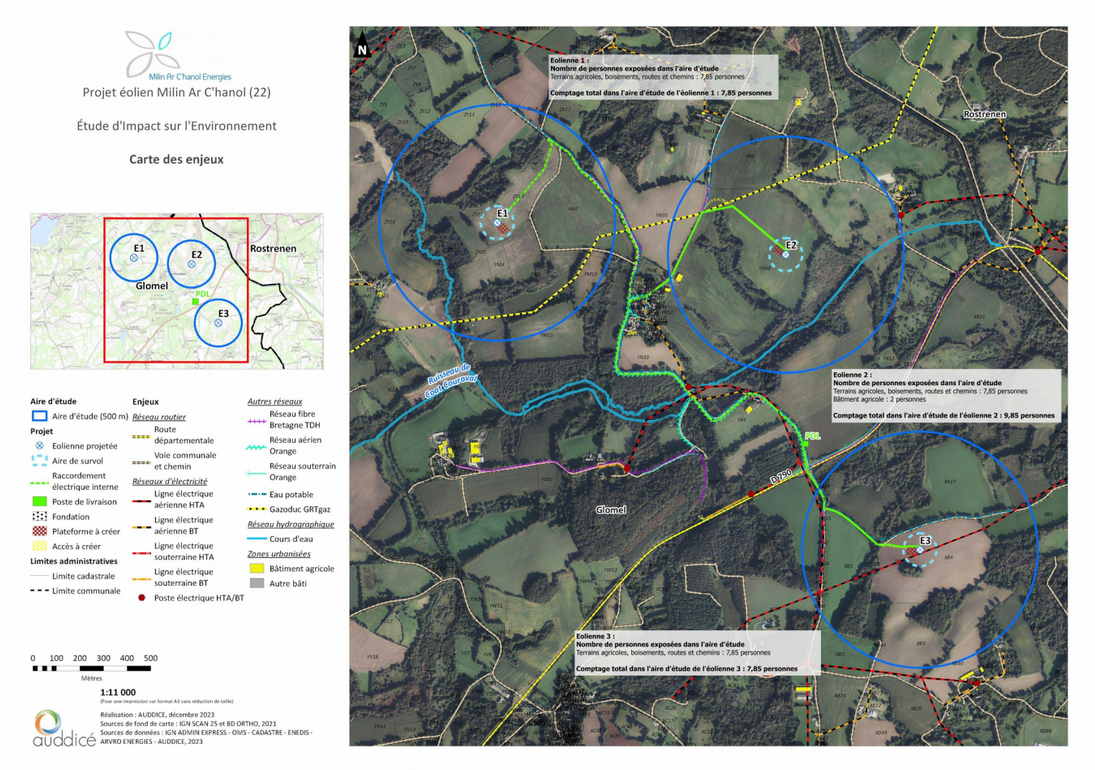
| Agression externe | Fonction |
|---|---|
| Vents et tempête | La fréquence des vents violents[1] (jours pendant lesquels on enregistre des rafales dont la vitesse est supérieure à 58 km/h) est de 77,8 jours par an (dont 3,2 jours au cours desquels la vitesse du vent est supérieure à 100 km/h) pour la station de Quimper. Il est à noter que les régions les plus exposées aux vents violents le sont une centaine de jours par an.<br>Selon les statistiques 1981-2010, la station de Quimper a enregistré une rafale maximale de 187,2 km/h, qui s'est produite en 1987. |
| Foudre | La densité de foudroiement du site est très faible (0,3 coup/km²/an). D'autre part, les éoliennes retenues respecteront la norme IEC 61 400-24 et seront en outre équipées d'un dispositif agréé reliant les pales à la terre. Ce dispositif permet de réduire considérablement les risques d'atteinte grave de l'éolienne en cas de foudre. |
| Glissement de sols / Affaissements miniers | Aucun mouvement de terrain et ni aucune cavité n'a été recensé dans un rayon de 500 m autour des éoliennes.<br>Une étude géotechnique préalable aux travaux vérifiera l'absence de cavité souterraine et d'anomalie du sous-sol au droit de l'implantation des éoliennes. |

1 Sur l'échelle de Beaufort, une tempête correspond à des vents dont la vitesse est comprise, entre 89 et 102 km/h ; le terme d'ouragan est parfois employé, sous nos latitudes, pour désigner une tempête dont les vents soufflent à plus de 118 km/h (Source : F. BRUEL, www.alertes-meteo.com)

## 1.3.2 Les enjeux à protéger

Les principaux enjeux identifiés dans le périmètre de 500 m autour des aérogénérateurs sont :

- Des axes de circulation non structurants (fréquentation inférieure à 2 000 véhicules/j) ;
- Un bâtiment agricole.




*Cf. Carte des enjeux en pleine page, p.30*

Ces enjeux sont inclus dans l'analyse des risques d'une part et dans l'étude détaillée d'autre part.

## 1.3.3 Analyse des risques

### 1.3.3.1 Analyse du retour d'expérience

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

Les retours d'expérience de la filière éolienne française et internationale permettent d'identifier les principaux accidents suivants :

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

### 1.3.3.2 Analyse préliminaire des risques

Une analyse préliminaire des risques sous forme d'un tableau générique est réalisée permettant d'identifier de manière représentative les scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire :

- Scénarios relatifs aux risques liés à la glace ;
- Scénarios relatifs aux risques d'incendie ;
- Scénarios relatifs aux risques de fuites ;
- Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments ;
- Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales ;
- Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes.

L'analyse est réalisée de la manière suivante :

- une description des causes et de leur séquençage ;
- 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.

#### 1.3.3.3 Mesures de maitrise des risques

Afin de limiter les risques d'accidents ou d'incidents liés aux activités du parc éolien, l'exploitant a prévu de mettre en place un certain nombre de mesures de prévention ou de protection en collaboration avec les constructeurs d'aérogénérateurs :

⇨ **Systèmes de sécurité contre la survitesse** (freins aérodynamiques passifs et actifs, surveillance de la rotation, détection de la vitesse du vent) ;

⇨ **Systèmes de sécurité contre le risque de vents forts** (coupure de l'éolienne en cas de détection de vents forts) ;

⇨ **Systèmes de sécurité contre le risque électrique** (organes de coupure électrique, isolement, mise à la terre) ;

⇨ **Systèmes contre l'échauffement des pièces mécaniques** (détecteurs de température, systèmes de refroidissement) ;

⇨ **Systèmes de sécurité contre le risque de foudre** (installation anti foudre comprenant un paratonnerre sur la nacelle et les pales) ;

⇨ **Systèmes de sécurité contre le risque d'incendie** (détection de fumée, de température, alarme du centre de contrôle et intervention des moyens de secours) ;

⇨ **Systèmes de sécurité contre le risque de fuite de liquides** (détecteur de niveau de liquide, rétention formée par la structure de l'éolienne) ;

⇨ **Systèmes de sécurité contre la formation du givre** (basés sur la détection et arrêt de l'éolienne, affichage du risque pour les promeneurs) ;

⇨ **Systèmes de sécurité contre le risque d'effondrement de l'éolienne** (conception des fondations basées sur des normes et de l'ingénierie, conception des éoliennes adaptée à la force du vent) ;

⇨ **Systèmes de sécurité contre le risque d'erreurs de maintenance** (formation du personnel, manuel de maintenance).

#### 1.3.3.4 Conclusion de l'analyse préliminaire

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 : incendie du poste de livraison, incendie de l'éolienne et infiltration de liquides dans le sol.

Les scénarios qui doivent faire l'objet d'une étude détaillée sont les suivants :

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

### 1.3.4 Etude 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.

#### 1.3.4.1 Cotation de chaque scénario

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

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.

La cotation du risque est basée sur cette réglementation.

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

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

### 1.3.4.2 Tableau de synthèse de l'étude détaillée

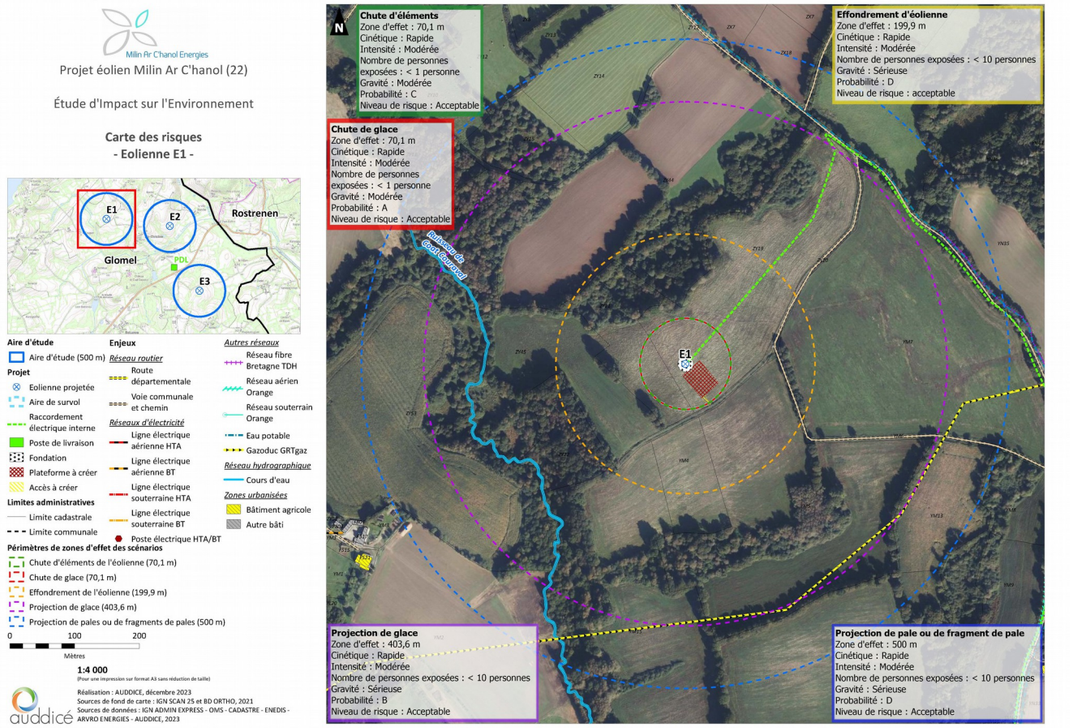
| Scénario | Zone d'effet | Cinétique | Probabilité | Cotation risque |
|---|---|---|---|---|
| Effondrement de l'éolienne | Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale<br>Soit 199,9 m | Rapide | D | Acceptable |
| Chute de glace | Zone de survol<br>Soit 70,05 m | Rapide | A | Acceptable |
| Chute d'éléments de l'éolienne | Zone de survol<br>Soit 70,05 m | Rapide | C | Acceptable |
| Projection de pale ou de fragments de pale | 500 m autour de l'éolienne | Rapide | D | Acceptable |
| Projection de glace | 1,5 x (H + D) autour de l'éolienne<br>Soit 403,6 m | Rapide | B | Acceptable |

*H : Hauteur au moyeu*

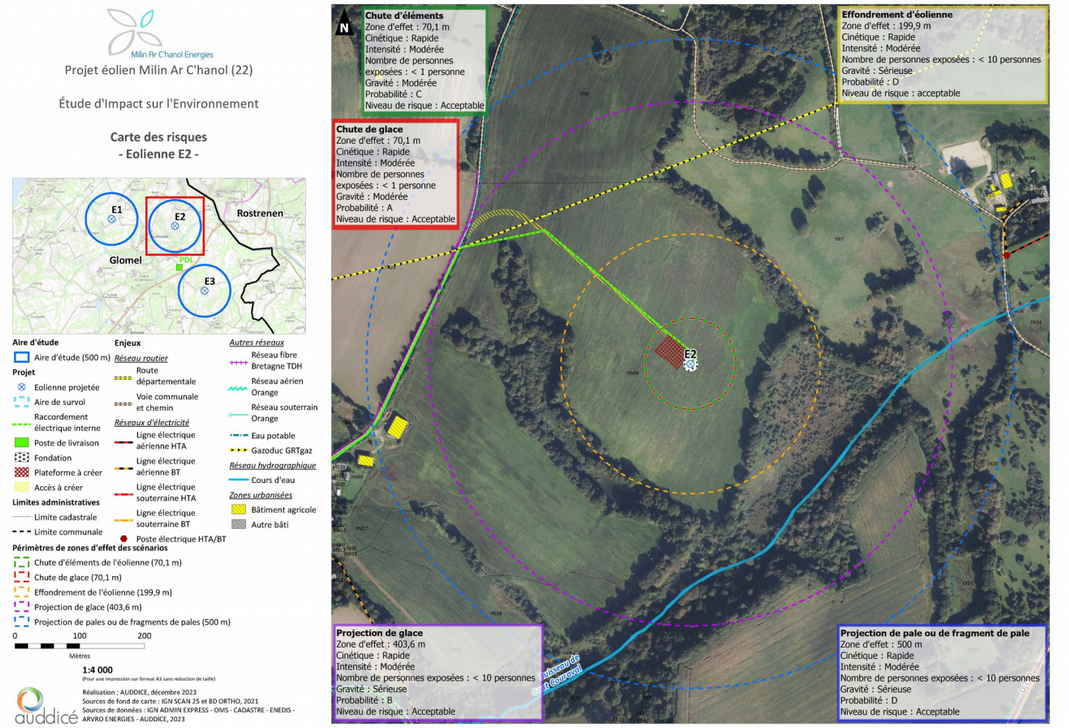
*D : Diamètre du rotor*

**Il apparaît au regard de l'étude détaillée qu'aucun accident ne ressort comme inacceptable selon les règles de cotation de la probabilité, de la gravité et de l'utilisation de la matrice d'acceptabilité issue de la circulaire du 10 mai 2010.**

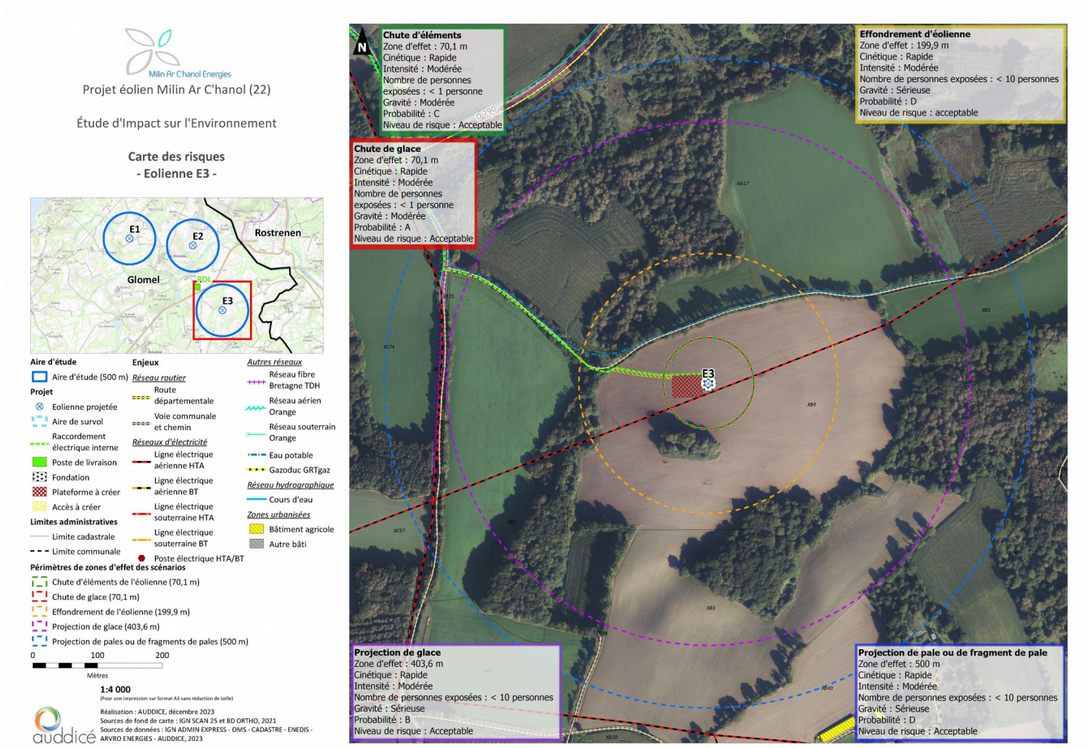
## 1.3.4.3 Cartes des risques avec zones de risque et vulnérabilités identifiées




*Cf. Cartes des risques : éolienne E1 en pleine page, p.77*




*Cf. Cartes des risques : éolienne E2 en pleine page, p.78*




*Cf. Cartes des risques : éolienne E3 en pleine page, p.79*

## 1.4 Conclusion

Une analyse préliminaire des risques a été réalisée, basée d'une part sur l'accidentologie permettant d'identifier les accidents les plus courants et basée d'autre part sur une identification exhaustive des scénarios d'accidents.

Pour chaque scénario d'accident, l'étude a procédé à une analyse systématique des mesures de maîtrise des risques.

Cinq catégories de scénarios ressortent de l'analyse préliminaire et font l'objet d'une étude détaillée des risque :

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

Ces scénarios regroupent plusieurs causes et séquences d'accident. Une cotation en intensité, probabilité, gravité et cinétique de ces événements ont permis de caractériser les risques pour toutes les séquences d'accidents.

Une recherche d'enjeux humains vulnérables a été réalisée dans chaque périmètre d'effet des cinq scénarios d'accident, permettant de repérer les interactions possibles entre les risques et les enjeux.

La cotation en gravité et probabilité pour chacune des éoliennes a permis de classer le risque de chaque scénario selon la grille de criticité employée et inspirée de la circulaire du 10 mai 2010.

**Après analyse détaillée des risques, selon la méthodologie de la circulaire du 10 mai 2010, il apparaît qu'aucun scénario étudié ne ressort comme inacceptable.**

L'exploitant a mis en œuvre des mesures adaptées pour maîtriser les risques :

- l'implantation permet d'assurer un éloignement suffisant des zones fréquentées ;
- l'exploitant respecte les prescriptions générales de l'arrêté du 26 août 2011 modifié ;
- les systèmes de sécurités des aérogénérateurs sont adaptés aux risques ; ils seront maintenus dans le temps et testés régulièrement en conformité avec la section 4 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.

**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 actuelles.**

# PARTIE 2. ETUDE DE DANGERS

## CHAPITRE 1. PRÉAMBULE

## 1.1 Objectif de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par MILIN AR C'HANOL ENERGIES pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Milin Ar C'hanol sur la commune de Glomel (22) que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du parc de Milin Ar C'hanol. 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 à 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, 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.

## 1.2 Contexte législatif et réglementaire

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 512-1, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classés soumises à autorisation fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accident majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1.

En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est conforme à la méthodologie habituelle :

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

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

## 1.3 Nomenclature des installations classées

Un parc éolien est classé au titre de la loi relative aux Installations classées pour la protection de l'environnement[2].

Le décret n° 2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées inscrit les éoliennes terrestres au régime des Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) par la rubrique suivante :

| Rubrique | Libellé de l'installation | Classement | Rayon d'affichage |
|---|---|---|---|
| 2980 | Installation terrestre de production à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :<br>1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m | A : Autorisation | 6 km |
| | 2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :<br>a) supérieure où égale à 20 MW | A : Autorisation | 6 km |
| | b) inférieure à 20 MW | D : Déclaration | - |

Tableau 1: Rubrique des installations classées au titre des ICPE

Le parc éolien de Milin Ar C'hanol, dont les éoliennes ont une hauteur de mât au sens ICPE (mât + nacelle) d'au moins 132 m, est soumis 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 environnementale.

## 1.4 Document de référence, guide technique INERIS/SER FEE

Cette étude se base sur le guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » version de mai 2012, qui a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS et de professionnels du Syndicat des énergies renouvelables[3]. Dans la suite de l'étude, ce guide sera appelé « guide technique ».

« *Il s'agit d'un document de type nouveau dans son approche, qui a pour vocation d'accompagner les différents acteurs de l'éolien (porteurs de projets, exploitants, services de l'Etat, associations, etc.) dans la démarche d'évaluation des risques potentiels liés à un parc éolien. Compte tenu de la technologie mise en œuvre dans les parcs éoliens, il apparaissait possible et souhaitable de traiter cette analyse de manière générique, afin de pouvoir transcrire les résultats présentés dans ce guide à l'ensemble des parcs éoliens installés en France.*

*Ainsi, ce guide est le reflet de l'état de l'art en matière de maîtrise des risques technologiques pour les parcs éoliens, en l'état actuel des connaissances des experts ayant participé à son élaboration. Si d'autres techniques ou méthodes apparaissaient à l'avenir, elles seraient étudiées en détail et intégrées à l'analyse menée dans ce guide.* »

Ainsi dans le cadre de cette étude, de nombreux paragraphes génériques ont été repris directement du guide.

2 Loi N°76-663 du 19 juillet 1976 modifiée, Code de l'environnement (Art. L.511-1)

3 https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Guide%20EDD.pdf

# CHAPITRE 2. INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION

## 2.1 Renseignements administratifs

| Société projet, exploitante du parc éolien | SPV Milin Ar C'hanol Energies |
|---|---|
| Statut juridique | Société par actions simplifiée (SAS) |
| Capital | 10 000 € |
| Code APE | 3511Z |
| N° SIRET (siège) | 85025277600016 |
| Adresse du siège social | 7 place du Champ de Foire<br>29270 CARHAIX CEDEX |
| Nom et qualité du signataire de la demande | Pascal Quénéa en qualité de Président |
| Nom et coordonnées du responsable de projets référent | Laure LOISEAU, responsable de projet<br>7 place du Champ de Foire<br>BP 231<br>29834 CARHAIX CEDEX<br>Tel: 06 74 48 91 98<br>laure.loiseau@arvro-energies.fr |

Tableau 2: Identité du demandeur

Société de projet / Maître d'ouvrage : SPV Milin Ar C'hanol

Maître d'œuvre : **Milin Ar C'hanol Energies**, 7 place du Champ de Foire, BP 231, 29834 CARHAIX CEDEX

Etude de dangers réalisée par le bureau d'études auddicé environnement,

Nathalie MASSELIN : Ingénieur environnement

Jean-Marie PLESSIS : Cartographe SIG

auddicé environnement
380 rue Clément Ader
Parc d'activités Le Long Buisson
27 930 Le Vieil-Evreux
Tél : 02 32 32 53 28

## 2.2 Localisation du site

Le parc éolien de Milin Ar C'hanol, composé de trois aérogénérateurs et d'un poste de livraison, est localisé sur la commune de Glomel, dans le département des Côtes d'Armor (22), en région Bretagne.

*Cf. Carte : Localisation du projet, p.21*

## 2.3 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.

La zone d'étude n'intègre pas spécifiquement les environs du poste de livraison, qui sera néanmoins représenté sur la carte. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter (*Cf. § 7.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques, p.57*).

L'aire d'étude (périmètre de 500 m de rayon autour des éoliennes) du parc se situe exclusivement sur la commune de Glomel.

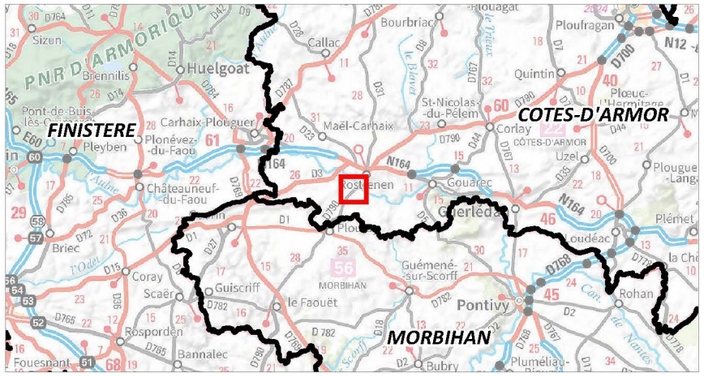
*Cf. Carte : Localisation du projet, p.21*

Milin Ar C'hanol Energies

Projet éolien Milin Ar C'hanol (22)

Étude d'Impact sur l'Environnement

**Carte de localisation**




**Aire d'étude**

Aire d'étude (500 m)

**Projet**

Eolienne projetée

Poste de livraison

Raccordement électrique interne

**Limites administratives**

Limite communale

0 0,5 1

Kilomètres

**1:15 000**

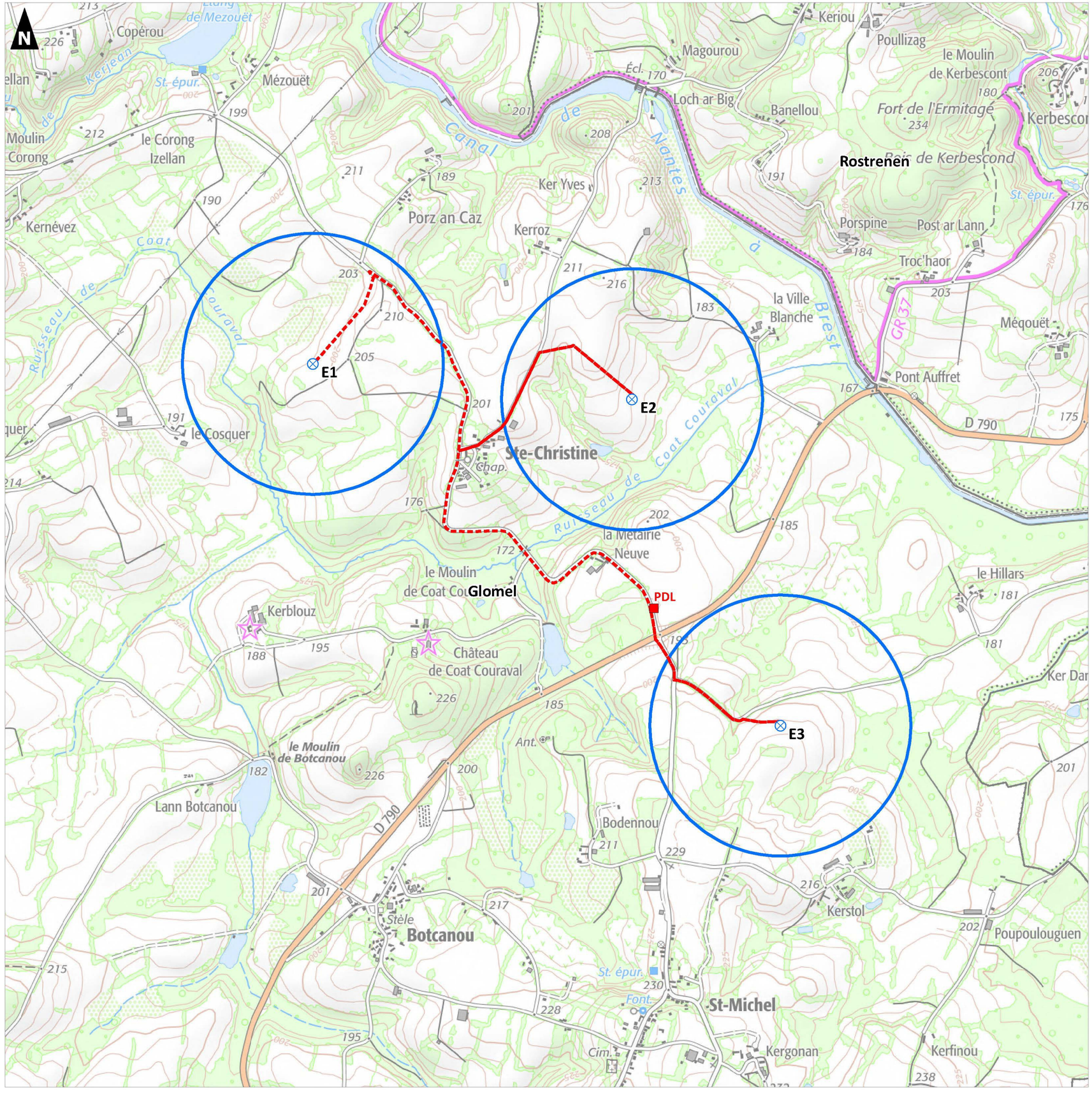
(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

auddicé

Réalisation : AUDDICE, décembre 2023

Sources de fond de carte : IGN SCAN 25 et SCAN 1000

Sources de données : IGN ADMIN EXPRESS - ARVRO ENERGIES - AUDDICE, 2023



# CHAPITRE 3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone d'étude de l'installation afin d'identifier les principaux intérêts à protéger (enjeux) et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels).

## 3.1 Environnement humain

### 3.1.1 Zones urbanisées

La description du milieu humain à proximité (communes, nombre d'habitants, etc.) est réalisée dans l'état initial de l'étude d'impact.

De même, l'analyse de la conformité du projet avec les documents d'urbanisme a également été réalisée dans l'étude d'impact.

Le projet est en accord avec le RNU applicable sur le territoire de Glomel.

*Cf. Dossier 4- Etude d'impact sur l'environnement*
*§ 6.3.1.1. Conformité avec les documents d'urbanisme*

Les habitations les plus proches des éoliennes sont les habitations et hameaux suivants :

- L'habitation la plus proche de l'éolienne E1 se situe au lieu-dit « Cosquer », à une distance de 565 m au sud-ouest ;
- L'habitation la plus proche de l'éolienne E2 se situe au lieu-dit « Sainte-Christine », à une distance de 550 m au sud-ouest ;
- L'habitation la plus proche de l'éolienne E3 se situe au lieu-dit « Kerstol », à une distance de 515 m au sud-est.

*Cf. Carte : Distance du projet aux habitations, p.25*

Le parc éolien se situe en zone agricole. Les mâts d'éoliennes sont situés à plus de 500 m de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité, ainsi que de toute zone constructible à vocation d'habitat.

**Conformément à l'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié, l'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs soient situés à une distance minimale de 500 m de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans le document d'urbanisme opposable en vigueur.**

### 3.1.2 Etablissements recevant du public (ERP)

Aucun ERP n'est situé dans l'aire d'étude.

### 3.1.3 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base

Aucun établissement SEVESO ou périmètre d'effet ni aucune Installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE)e se situe dans l'aire d'étude de 500 m autour des éoliennes.

### 3.1.4 Autres activités

L'aire d'étude est principalement occupée par des parcelles agricoles qui ne sont pas aménagées pour l'accueil du public. On retiendra toutefois l'hypothèse de quelques promeneurs occasionnels.

On note également la présence de boisements épars dans l'aire d'étude des 500 m, qui ne sont pas non plus aménagés pour l'accueil du public. Comme pour les parcelles agricoles, on retiendra l'hypothèse de quelques promeneurs occasionnels.

Enfin, un bâtiment agricole est recensé dans l'aire d'étude des 500 m de l'éolienne E2.

Aucune autre activité (industrielle, commerciale ou de loisirs) n'est présente dans l'aire d'étude de 500 m.

Milin Ar C'hanol Energies

Projet éolien Milin Ar C'hanol (22)

Étude de dangers

## Distances du projet aux habitations à l'échelle de l'aire d'étude immédiate

**Aire d'étude**

Aire d'étude (500 m)

**Projet**

Eolienne projetée

**Limites administratives**

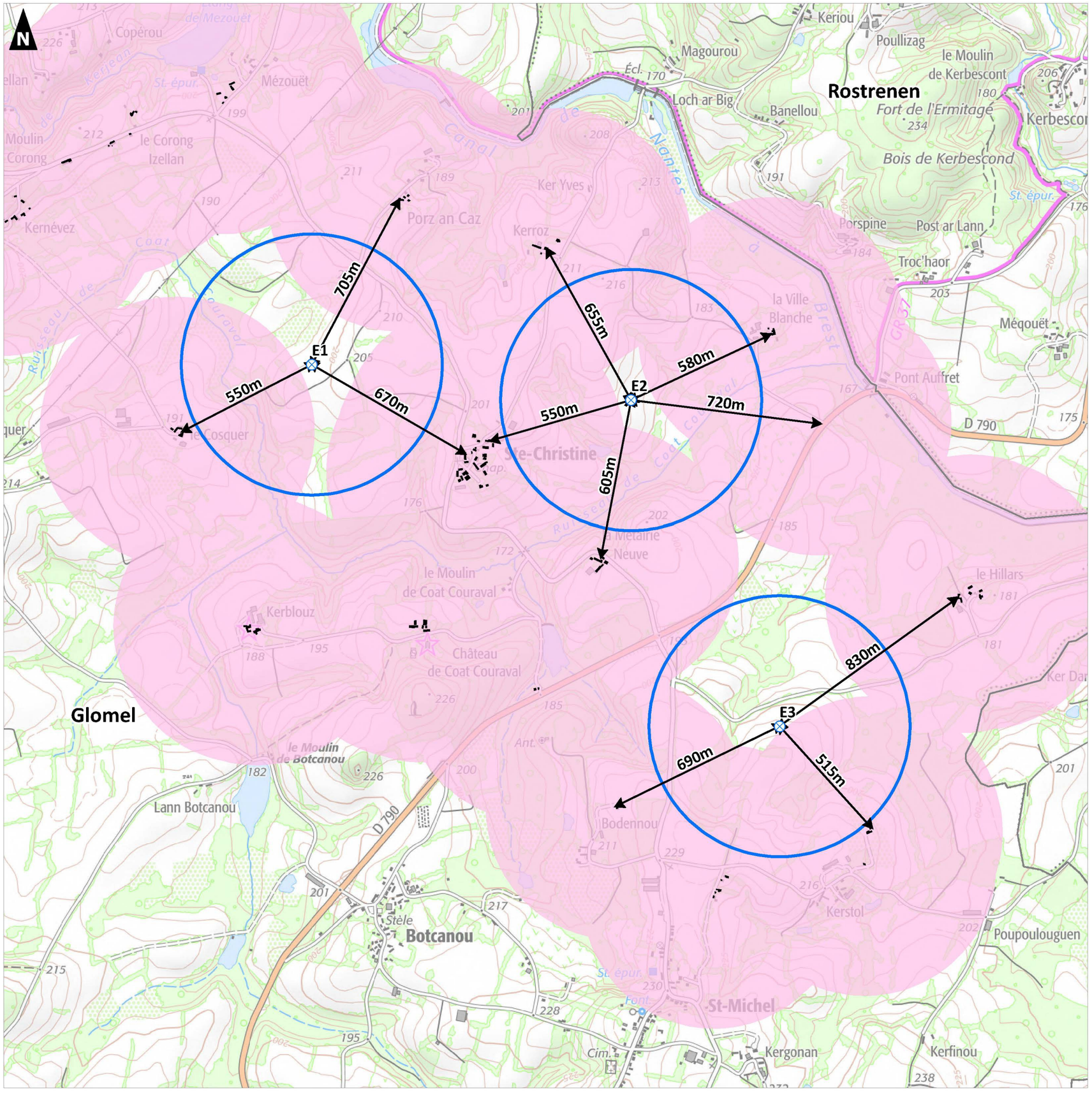
Limite communale

**Zones d'habitation**

Habitations les plus proches

Périmètre de 500 m autour des habitations les plus proches

Distance (en m)




0 0,2 0,4 0,6 0,8 1

Kilomètres

Réalisation : AUDDICE, décembre 2023
Sources de fond de carte : IGN SCAN 25
Sources de données : IGN ADMIN EXPRESS - CADASTRE Etalab - ARVRO ENERGIES - AUDDICE, 2019

auddicé

## 3.2 Environnement naturel

Les paragraphes ci-dessous sont étudiés dans l'état initial de l'étude d'impact. Nous en reprenons les principales conclusions.

### 3.2.1 Contexte climatique

Le secteur du projet est situé dans la zone climatique de Bretagne intérieure, caractérisée par des hivers doux, peu de chaleur et une pluviométrie élevée.

La station météorologique de Rostrenen (22), située à une vingtaine de kilomètres au nord-est du projet, indique pour la période 1991-2020 :

- Une pluviométrie annuelle moyenne de 1 146,6 mm, répartie sur 154,1 jours (> 1 mm) ;
- Une température moyenne de 11,1 °C, avec janvier le mois le plus froid (T°C moy : 5,6°C) et août le mois le plus chaud (T°C moy : 17,3°C) ;
- 22,3 jours de gel par an (température minimale < 0°C).

Les statistiques concernant les données de vent et les évènements météorologiques ne sont pas disponibles sur la station de Rostrenen ni sur aucune station bretonne sur la période 1991-2020. A défaut, on enregistre sur celle de Quimper (29), située à une quarantaine de kilomètres au sud-ouest du projet, en moyenne annuelle au cours de la période 1981-2010, le nombre de jours suivants :

- 77,8 jours par an avec des rafales de vent de vitesse supérieure à 16 m/s (58 km/h) et 3,2 jours avec des rafales de vent de vitesse supérieure à 28 m/s (100 km/h).
- Phénomènes climatiques (nombre de jours moyen par an) :
  - 60,2 jours de brouillard,
  - 11,7 jours d'orage,
  - 7,7 jours de grêle,
  - 5,5 jours de neige.

Les vents dominants sont de secteur sud-ouest. Météo France indique, pour la station de Rostrenen sur la période 1991-2020, une vitesse de vent moyenné sur 10 minutes, à 10 mètres d'altitude, de 4,2 m/s.

### 3.2.2 Risques naturels

#### Risque sismique

En vertu de l'article D. 563-8-1 du Code de l'environnement, la commune du parc éolien est classée en zone de sismicité 2 (faible).

#### Risque foudre

La densité de foudroiement dans les communes de Bretagne est de 0,3 coup/km²/an, valeur la plus faible sur le territoire national.

La hauteur des éoliennes (pale + mât) augmente cependant le risque de foudroiement.

#### Risques géotechniques et mouvements de terrain[4]

- **Mouvements de terrain et cavités**

Aucun mouvement de terrain ni aucune cavité souterraine n'est recensé dans l'aire d'étude de 500 m autour du projet.

Les essais géotechniques viendront vérifier l'absence de risque dans le cadre du dimensionnement des fondations.

- **Aléa « Retrait gonflement des argiles »**

Les éoliennes sont implantées en dehors des zones où l'aléa « retrait-gonflement » des argiles est moyen : E1 et E2 sont en zone d'aléa nul tandis que E3 se situe en zone d'aléa faible.

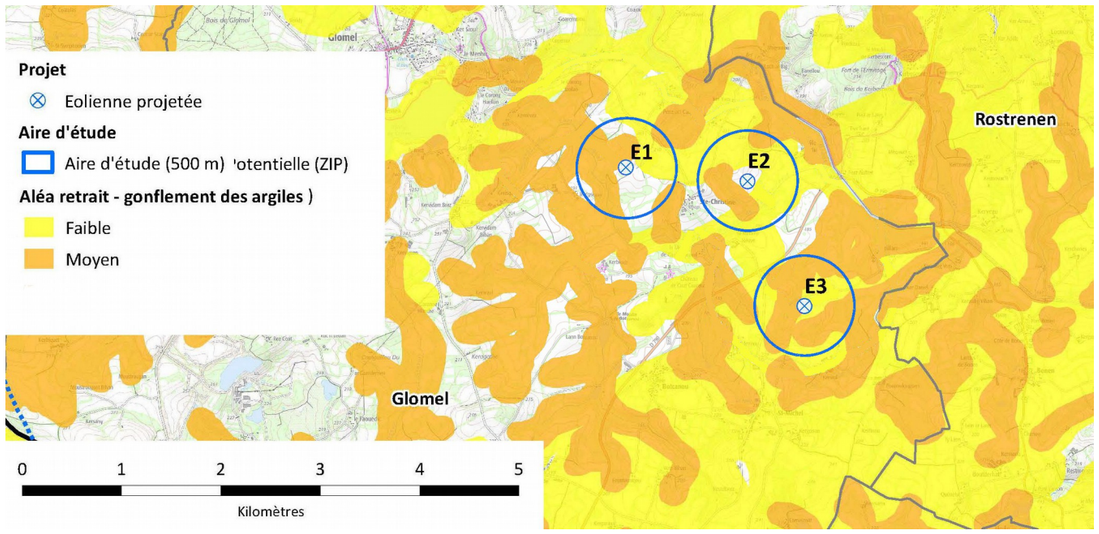



Illustration 1: Sensibilité à l'aléa « Retrait-gonflement des argiles »

(Source : Site Internet « http://www.georisques.gouv.fr », Ministère de la transition écologique et solidaire)

## Risque inondation

Les trois éoliennes sont implantées en dehors des zones potentiellement sujette aux débordements de nappe. E3 pourrait néanmoins être dans une zone potentielle sujette aux inondations de cave.

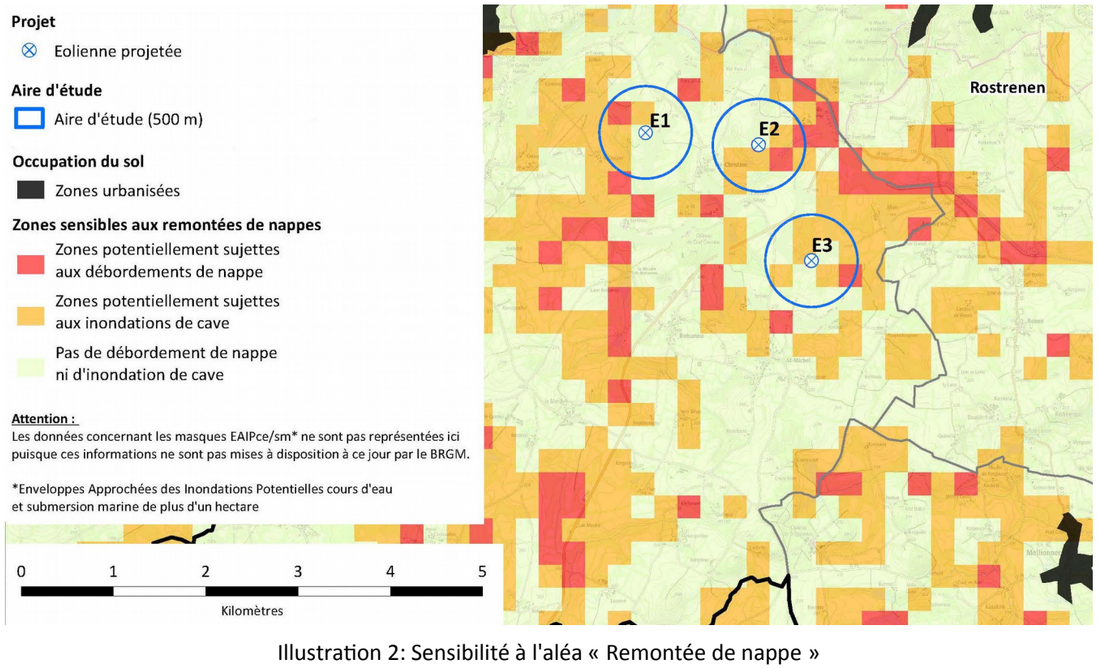



Illustration 2: Sensibilité à l'aléa « Remontée de nappe »

(Source : Site Internet « http://www.georisques.gouv.fr », Ministère de la transition écologique et solidaire)

## Autres risques

Selon le DDRM 22, toutes les communes des Côtes d'Armor sont exposées à des vents plus ou moins violents.

Les phénomènes « neige » et « canicule » sont des événements uniquement épisodiques en Bretagne.

## Arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle

Le tableau suivant présente la liste des arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle pour la commune de l'aire d'étude de 500 m :

| Événement recensé | Début de l'événement | Fin de l'événement |
|---|---|---|
| Inondations et coulées de boue | 09/01/2010<br>12/12/2000<br>08/05/2000<br>17/01/1995<br>15/01/1988 | 12/01/2010<br>12/12/2000<br>08/05/2000<br>31/01/1995<br>15/02/1988 |
| Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues | 25/12/1999 | 29/12/1999 |
| Tempête | 15/10/1987 | 16/10/1987 |

Tableau 3: Arrêtés de catastrophes naturelles dans la commune de Glomel

(Source : Site Internet «www.georisques.gouv.fr », Ministère de la transition écologique et solidaire)

La commune de Glomel a été touchée à différentes reprises par des catastrophes naturelles pour lesquelles un arrêté a été pris. Il s'agit en majorité d'évènements liés à des inondations et coulées de boue (5 évènements recensés). Les deux autres arrêtés concernent des tempêtes, en 1987 d'abord, puis en 1999 lors de la tempête qui avait touché la majeure partie du territoire français.

## 3.3 Environnement matériel

### 3.3.1 Voies de communication

#### Transport routier

Le principal axe de communication à proximité est la route départementale RD 790, comptait 1 639 véhicules/jour en 2015 sur cette portion[5] ; elle passe à 510 m au nord-ouest de l'éolienne E3 et se situe en dehors de l'aire d'étude.

Les voies routières qui empruntent l'aire d'étude sont des routes secondaires, chemins ruraux ou chemins d'exploitation. Aucune donnée n'est disponible concernant le trafic sur ces axes, mais l'hypothèse retenue, compte-tenu de la nature des infrastructures, est celle d'une fréquentation inférieure à 2 000 véhicules/jour.

Tous les axes apparaissent sur les cartes d'enjeux et de risques présentées dans cette étude.

#### Transport ferroviaire

L'aire d'étude du projet n'est concernée par aucune voie de chemin de fer.

#### Transport fluvial

L'aire d'étude du projet n'est concernée par aucune voie navigable.

#### Transport aérien

**Aviation civile :** Le Service National d'Ingénierie Aéroportuaire (SNIA) de la Direction générale de l'Aviation civile estime que le projet ne sera pas gênant au regard des procédures de circulation aérienne publiées.

**Aviation militaire :** Avec une altitude sommitale maximale de 400 m NGF (E1), les éoliennes du projet de Milin Ar C'hanol respectent les prescriptions de la Sous-direction régionale de la circulation aérienne militaire nord, associées aux procédures de vols aux instruments de l'aérodrome de Lorient-Lann-Bihoué.

#### Randonnées pédestres

Aucun chemin de randonnée n'est recensé dans l'aire d'étude de 500 m autour des éoliennes.

### 3.3.2 Réseaux publics et privés

Un gazoduc emprunte l'aire d'étude de 500 m des éoliennes E1 et E2, distantes respectivement de 330 m et de 295 m.

Une ligne électrique HTA (moyenne tension) passe à proximité immédiate de l'éolienne E3. Afin d'éviter tout impact sur cette ligne électrique, le Maître d'ouvrage enfouira cette ligne dans la parcelle, en respectant une distance d'éloignement supérieure à la hauteur de l'éolienne jusqu'aux premiers poteaux pour la partie aérienne. La ligne enterrée contournera les aménagements.

### 3.3.3 Autres ouvrages publics

Aucun ouvrage public (barrages, digues, château d'eau...) ni aucun autre réseau n'est présent dans l'aire d'étude (hors drainages agricoles possibles).

5 Source : https://www.armorstat.com/images/atlas_armorstat_infrastructures/Carte-trafic-2015.pdf

## 3.4 Cartographie de synthèse

### 3.4.1 Méthodologie de comptage

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

*Cf. Annexe 3 : Annexe A du guide technique, méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne*

Ainsi, pour chaque phénomène dangereux identifié, nous comptabiliserons l'ensemble des personnes présentes dans la zone d'effet correspondante.

Dans chaque zone couverte par les effets d'un phénomène dangereux issu de l'analyse de risques, nous identifierons les ensembles homogènes (ERP, zones habitées, zones industrielles, commerces, voies de circulation, terrains non bâtis...) et nous en déterminerons la surface (pour les terrains non bâtis, les zones d'habitat) et/ou la longueur (pour les voies de circulation et chemins de randonnée).

### 3.4.2 Hypothèses de travail

- **Concernant les zones agricoles**, elles sont constituées d'éléments disparates : champs, voies de circulation non structurantes (chemins d'exploitation et chemins ruraux faiblement fréquentés)...

  Selon la circulaire :

  - Un champ est classé terrain non aménagé et très peu fréquenté. Compter 1 personne par tranche de 100 ha.
  - Les voies de circulation non structurantes sont classées en terrains aménagés mais peu fréquentés. Compter 1 personne par tranche de 10 ha.

  Pour simplifier l'analyse, nous ne différencierons pas les différents éléments et nous classerons donc les zones agricoles en terrains aménagés mais peu fréquentés (catégorie la plus majorante quant aux victimes potentielles), donc **1 personne par tranche de 10 ha.**

- **Concernant les boisements,** ils n'ont pas vocation de loisirs et ne sont pas aménagés en tant que tels. Comme les zones agricoles, nous les classerons donc en terrains aménagés mais peu fréquentés.

- **Pour les voies de communication**, conformément au guide technique, elles n'ont à être prises en considération que si elles sont empruntées par un nombre significatif de personnes, les voies de circulation non structurantes (inférieures à 2 000 véhicules/jour) étant déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

  Les voies qui empruntent l'aire d'étude sont des voies non structurantes.

- **Concernant le bâtiment agricole situé au lieu-dit Sainte-Christine, il a vocation d'entrepôt.** En tant que zone de stockage, il n'a pas vocation à accueillir des travailleurs. Il sera probablement fréquenté de manière ponctuelle et occasionnelle ; en l'absence de données concernant les intervalles de fréquentation, nous l'assimilons à une zone d'activités (industries et autres activités ne recevant pas habituellement de public) et nous considérerons **une équipe de 2 personnes exposées.**

**Toutes les hypothèses sont majorantes vis-à-vis du comptage du nombre de victimes potentielles.**

Les différents enjeux identifiés précédemment apparaissent sur la carte des enjeux présentée page suivante. Le détail des calculs pour l'aire d'étude de 500 m figure quant à lui dans le Tableau 30, p.71.

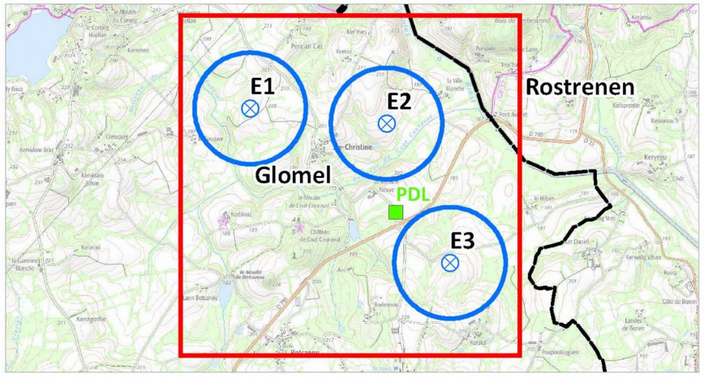
*Cf. Carte des enjeux, p.30*

Milin Ar C'hanol Energies

# Projet éolien Milin Ar C'hanol (22)

## Étude d'Impact sur l'Environnement

## Carte des enjeux




**Aire d'étude**
- Aire d'étude (500 m)

**Projet**
- Eolienne projetée
- Aire de survol
- Raccordement électrique interne
- Poste de livraison
- Fondation
- Plateforme à créer
- Accès à créer

**Limites administratives**
- Limite cadastrale
- Limite communale

**Enjeux**

*Réseau routier*
- Route départementale
- Voie communale et chemin

*Réseaux d'électricité*
- Ligne électrique aérienne HTA
- Ligne électrique aérienne BT
- Ligne électrique souterraine HTA
- Ligne électrique souterraine BT
- Poste électrique HTA/BT

*Autres réseaux*
- Réseau fibre Bretagne TDH
- Réseau aérien Orange
- Réseau souterrain Orange
- Eau potable
- Gazoduc GRTgaz

*Réseau hydrographique*
- Cours d'eau

*Zones urbanisées*
- Bâtiment agricole
- Autre bâti

0 100 200 300 400 500

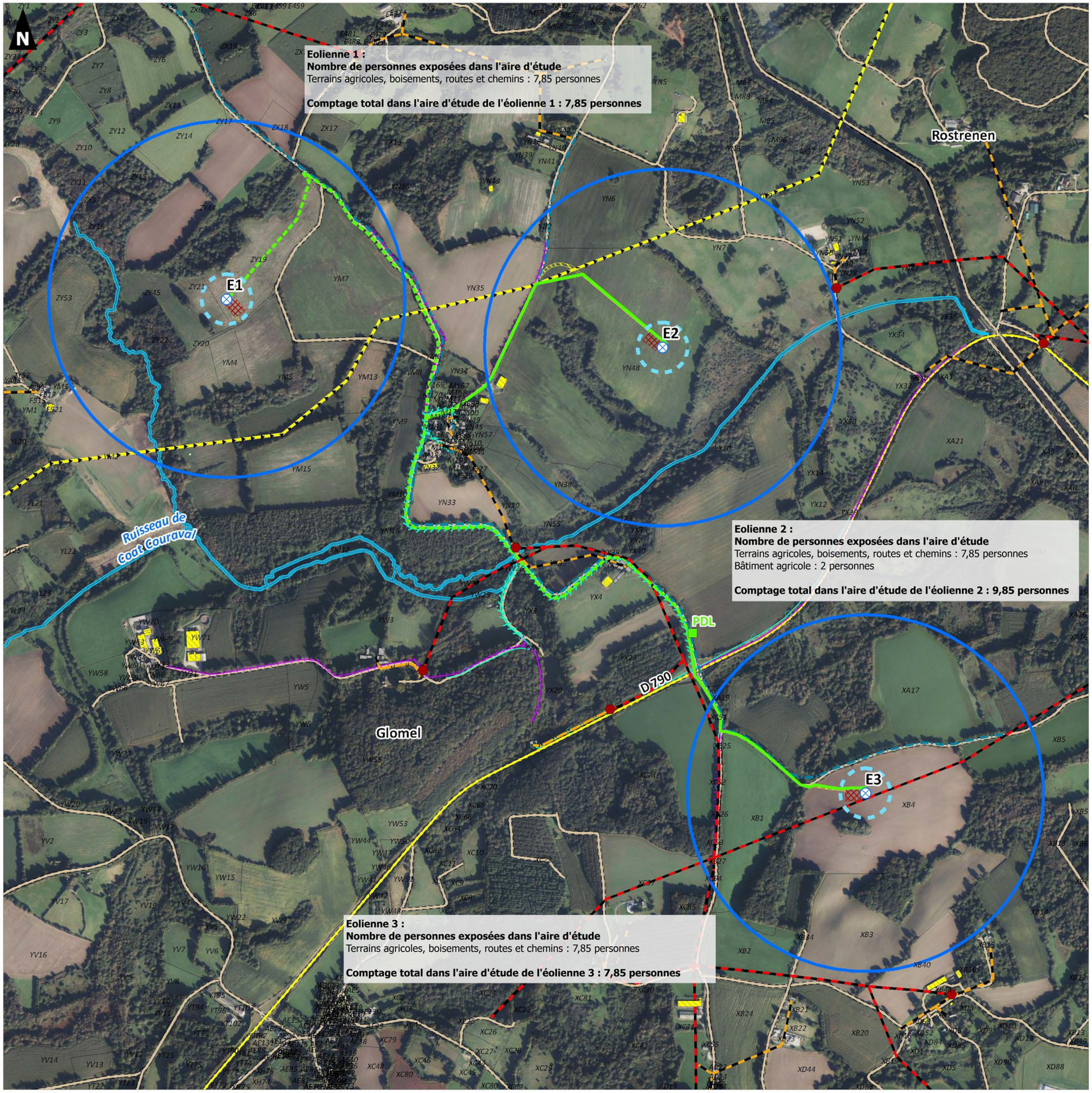
Mètres

**1:11 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)


Réalisation : AUDDICE, décembre 2023
Sources de fond de carte : IGN SCAN 25 et BD ORTHO, 2021
Sources de données : IGN ADMIN EXPRESS - OMS - CADASTRE - ENEDIS - ARVRO ENERGIES - AUDDICE, 2023


auddicé



# CHAPITRE 4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

# 4.1 Caractéristiques de l'installation

## 4.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (*Cf. § 4.2 Fonctionnement de l'installation*) :

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage » ;
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers 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 chemins d'accès ;
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

### 4.1.1.1 Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des 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 qu'une génératrice et 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 (parfois plus, selon la hauteur du mât) 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 (*Nota : le transformateur peut dans certains modèles d'éoliennes se situer dans la nacelle*).
- **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 ;
  - ainsi que le transformateur dans certains cas.

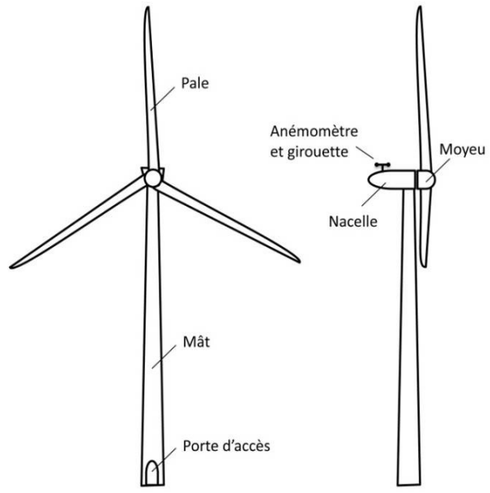



Illustration 3: Schéma simplifié d'un aérogénérateur

### 4.1.1.2 Emprise au sol

Plusieurs emprises au sol sont nécessaires pour la construction et l'exploitation d'un parc éolien :

- **La surface de chantier** est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes.
- **La fondation de l'éolienne** est recouverte de terre végétale ou autre matériau perméable. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol.

  *Nota :* Dans le cas du modèle E138, la fondation est hors-sol et non enterrée.

– **La zone de surplomb ou de survol** correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât.

– **La plateforme** correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation.

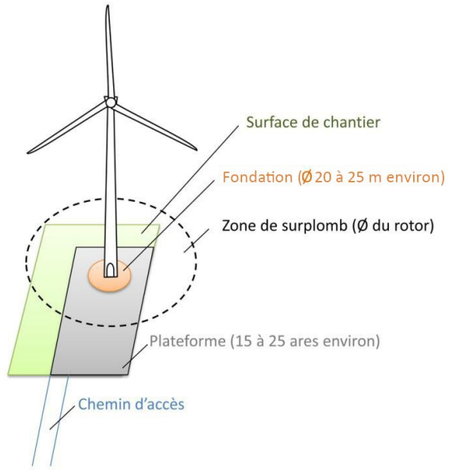



Illustration 4: Illustration des emprises au sol d'une éolienne

#### 4.1.1.3 Chemins d'accès

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

– L'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins d'exploitation existants ;

– Si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés.

Durant la phase de construction et de démantèlement, les engins empruntent ces chemins pour acheminer les éléments constituants des 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).

### 4.1.2 Activité de l'installation

L'activité du parc éolien de Milin Ar C'hanol est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent. Conformément au § 1.3 Nomenclature des installations classées, p.17, cette installation est soumise à la rubrique 2980 des Installations classées pour la protection de l'environnement.

### 4.1.3 Composition de l'installation

Le parc éolien de Milin Ar C'hanol est composé de trois aérogénérateurs et un poste de livraison. A ce stade du projet, le modèle d'éoliennes n'est pas défini et trois modèles d'éolienne sont envisagés.

L'illustration suivante présente le plan schématique et les dimensions maximales des éoliennes envisagées sur le site.

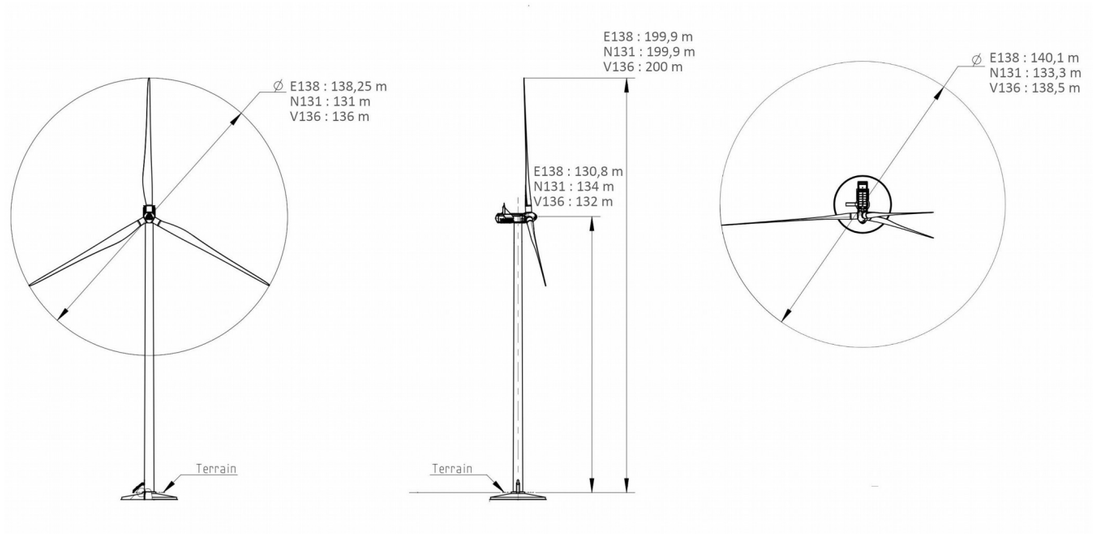



Illustration 5: Plan schématique et dimensions maximales des éoliennes envisagées

(Source : synthèse auddicé environnement d'après données Quénéa et schéma constructeur)

Leurs dimensions sont présentées dans le tableau suivant.

| Modèle d'éolienne | ENERCON E138-HH 131m | NORDEX N131-HH 134m | VESTAS V136-HH 132m |
|---|---|---|---|
| Puissance | 4,2 MW | 3,9 MW | 4,2 MW |
| Vitesse de coupure | 25 m/s | 25 m/s | 22,5 m/s |
| Hauteur du moyeu | 130,8 m | 134 m | 132 m |
| Longueur des pales | 67,795 m | 64,4 m | 66,66 m |
| Diamètre du rotor | 138,25 m | 131 m | 136 m |
| Diamètre de survol | 140,1 m | 133,3 m | 138,5 m |
| Hauteur en bout de pale | 199,9 m | 199,5 m | 200 m |
| Largeur à la base du mât | 5,23 m | 4,3 m | 5,3 m |
| Largeur max d'une pale | 3,956 m | 3,94 m | 4,1 m |

Tableau 4: Dimensions des éoliennes envisagées

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des éoliennes (E) et du poste de livraison (PDL) :

| Nom de l'installation | L93 (m) | | WGS84 | | Altitude (m NGF) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | Longitude | Latitude | Terrain naturel $Z_{TN}$ | En bout de pale (max) $Z_{SOMMET}$ |
| E1 | 227 877 | 6 809 407 | 3°21'46.7179" O | 48°12'49.3902" N | 200 | 400 |
| E2 | 229 101 | 6 809 271 | 3°20'47.0576" O | 48°12'48.1867" N | 183 | 383 |
| E3 | 229 670 | 6 808 022 | 3°21'39.4805" O | 48°12'4.7714" N | 209 | 409 |
| PDL | 229 185 | 6 808 472 | 3°20'39.8918" O | 48°12'22.6073" N | 196 | - |

Tableau 5 : Coordonnées géographiques des installations

Les différents aérogénérateurs, le poste de livraison, les plateformes, les chemins d'accès et les réseaux enterrés sont représentés sur les plans réglementaires.

*Cf. Fichier 8 du DAE- Plan de situation et plans d'ensemble*

## 4.2 Fonctionnement de l'installation

### 4.2.1 Principe général du 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 2 m/s, et c'est souvent seulement à partir de 3 m/s que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 14 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 à 120 fois plus vite que l'arbre lent. 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 12 ou 14,5 m/s (selon le modèle considéré)) à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

**Pour les aérogénérateurs de 4,2 MW (E138 ou V136 par exemple), la production électrique atteint 4 200 kWh dès que le vent atteint une vitesse de l'ordre de 12 m/s. La vitesse nominale de rotation du rotor est de l'ordre de 10,8 tours/min.**

L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50/60 Hz avec une tension de 630 à 720 V selon le modèle considéré. 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 dépasse la vitesse maximale de fonctionnement (22,5 à 25 m/s selon le modèle considéré), 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. Ce frein mécanique n'est activé que par un arrêt d'urgence ou pour les besoins d'une opération de maintenance.

### 4.2.2 Découpage fonctionnel de l'installation

| Elément de l'installation | Fonction | Caractéristiques de l'éolienne-type |
|---|---|---|
| Fondation | Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol | Fondations en béton armé, de forme circulaire.<br>La construction des fondations dépend de la nature du sol du site d'implantation prévu. Pour l'ancrage du mât, une cage d'ancrage est bétonnée dans les fondations. Le mât et la cage d'ancrage sont vissés ensemble. |
| Mât | Supporter la nacelle et le rotor | Mât tubulaire conique en acier.<br>Hauteur de l'axe du moyeu : 130,8 à 134 m<br>Hauteur totale des éoliennes : 199,5 à 200 m<br>Diamètre du mât à la base : 4,3 à 5,3 m<br>Le mât comporte des plateformes intermédiaires et est équipé d'une échelle pourvue d'un système antichute (rail), de plateformes de repos et d'un élévateur de personnel. |
| Nacelle | Supporter le rotor<br>Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité | Génératrice asynchrone ou synchrone selon le modèle considéré.<br>Puissance maximale entre 3,9 MW et 4,2 MW selon le modèle considéré.<br>Tension nominale : entre 630 V et 720 V |
| Rotor / pales | Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice | 3 pales d'une longueur de l'ordre de 64,4 à 67,8 m<br>Matériau des pales : résine d'époxyde ou fibre de carbone et fibre de verre.<br>Diamètre du rotor : 131 à 138,25 m selon le modèle considéré.<br>Surface balayée par le rotor : 13 418 à 15 011 m² selon le modèle considéré.<br>Plage de vitesse de rotation : de l'ordre de 5 à 14,5 tours/min selon le modèle considéré.<br>Système de freinage : 3 systèmes autonomes de réglage des pales avec alimentation de secours. Frein à disque hydraulique pour l'arrêt du rotor en cas de maintenance |
| Transformateur | Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau | Transformateur de type sec ou à huile placé dans la nacelle.<br>Tension de 20 000 Volts en sortie |
| Poste de livraison | Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public | Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV, et le comptage de l'électricité produite. |

Tableau 6 : Caractéristiques techniques des éoliennes

## 4.2.3 Sécurité de l'installation

### 4.2.3.1 Règles de conception et système qualité

Les sociétés ENERCON, NORDEX ou VESTAS, fournissant les machines et assurant la maintenance, sont certifiées ISO 9001. Le système de management de la qualité et tous les processus de production sont conformes à la norme ISO 9001. Les aérogénérateurs font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et Normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes, et notamment :

- la norme IEC61400-1 / NF EN 61400-1 Juin 2006 intitulée « Exigence de conception », qui spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie prévue. Elle concerne tous les sous-systèmes des éoliennes tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien. La norme IEC 61400-1 spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes.
- la norme IEC61400-22 / NF EN 61400-22 Avril 2011 intitulée « Essais de conformité et certification », qui définit les règles et procédures d'un système de certification des éoliennes comprenant la certification de type et la certification des projets d'éoliennes installées sur terre ou en mer. Ce système spécifie les règles relatives aux procédures et à la gestion de mise en œuvre de l'évaluation de la conformité d'une éolienne et des parcs éoliens, avec les normes spécifiques et autres exigences techniques en matière de sécurité, de fiabilité, de performance, d'essais et d'interaction avec les réseaux électriques.
- la norme CEI/TS 61400-23:2001 Avril 2001 intitulée « Essais en vraie grandeur des structures des pales » relative aux essais mécaniques et essais de fatigue.

D'autres normes de sécurité sont applicables :

- la génératrice est construite suivant le standard IEC60034 et les équipements mécaniques répondent aux règles fixées par la norme ISO81400-4.
- la protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4.
- la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004 relative aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques.
- le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 9223.

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

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

### 4.2.3.2 Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel

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

- L'éloignement de 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 et de 300 mètres d'une installation nucléaire,
- L'implantation de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens,
- La présence d'une voie d'accès carrossable entretenue permettant l'intervention des services d'incendie et de secours,
- Le respect des normes suivantes : norme NF EN 61 400-1 (version de juin 2006) ou CEI 61 400-1 (version de 2005) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne,
- L'installation conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du Code de la construction et de l'habitation,
- Le respect des normes suivantes : norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010), normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009),
- L'installation conforme aux dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables,
- Le balisage de l'installation conformément aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L.6352-1 du Code des transports, des articles R. 243-1 et R. 244-1 du Code de l'aviation civile, et de l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne,
- Le maintien fermé à clé des accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison, afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements,
- L'affichage visible des prescriptions à observer par les tiers sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur les postes de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement,
- La réalisation d'essais d'arrêt permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs,
- L'interdiction d'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables,
- La description détaillée des différents systèmes de sécurité de l'installation sera quant à elle effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans le § 7.6 Mise en place des mesures de sécurité, p.52.

*Cf. Annexe 2 : Analyse de conformité à l'arrêté du 26 août 2011 modifié, p.85*

#### 4.2.3.3 Sécurité positive de l'éolienne – redondance des capteurs

L'éolienne est équipée d'un grand nombre de capteurs. Par mesure de sécurité, la totalité de ceux pouvant avoir un impact sur l'intégrité structurelle de la turbine sont redondants. Les capteurs concernés sont par exemple les capteurs de température, de vitesse de vent, de vitesse de rotation…

Ainsi, si l'un d'eux est défaillant, le second prendra le relais et relayera l'information par le biais du système de supervision (SCADA) monitoré 24 h sur 24 et 7 jours sur 7.

#### 4.2.3.4 Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes

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

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

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

De plus, les éoliennes seront équipées d'un système de contrôle à distance des données. La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS.

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

#### 4.2.3.5 Méthodes et moyens d'intervention

En cas de sinistre, les pompiers seront prévenus par l'exploitant du parc éolien. L'appel arrivera au Centre de Traitement des Appels (CTA), qui est capable de mettre en œuvre les moyens nécessaires en relation avec l'importance du sinistre. Cet appel sera ensuite répercuté sur le Centre de Secours disponible et le plus adapté au type du sinistre.

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

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

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

### 4.2.4 Opérations de maintenance de l'installation

Le programme préventif de maintenance s'étale sur trois niveaux :

- type 1 : vérification après 500 à 1500 heures de fonctionnement (contrôle visuel du mât, des fixations fondation/tour, tour/nacelle, rotor… et test du système de déclenchement de la mise en sécurité de l'éolienne),
- type 3 : vérification annuelle des matériaux (soudures, corrosions), des équipements mécaniques et hydrauliques, de l'électrotechnique et des éléments de raccordement électrique,
- type 4 : vérification quinquennale de forte ampleur pouvant inclure le remplacement de pièces.

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

Pour la maintenance, une équipe de techniciens spécialisés est implantée localement. En cas de déviance sur la production ou d'avaries techniques, une équipe de maintenance interviendra sur le site.

Ainsi l'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées en matière d'exploitation.

**Contrôles réglementaires périodiques**

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

Le matériel de lutte contre l'incendie est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.

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

Par ailleurs, l'exploitant réalisera ou fera réaliser les différents types de contrôle prévus à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié : brides de fixations, brides de mât, fixation des pales, contrôle visuel du mât. Ces derniers devront être effectués dans un délai de 3 mois et 1 an après la mise en service, puis au minimum tous les 3 ans. Les pales et les éléments susceptibles d'être endommagés feront l'objet d'un contrôle visuel au minimum tous les 6 mois.

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

Les fonctions de sécurité et la périodicité de la maintenance sont présentées dans le § 7.6 p.52.

### 4.2.5 Stockage et flux de produits dangereux

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

## 4.3 Fonctionnement des réseaux de l'installation

### 4.3.1 Raccordement électrique habituel d'un parc éolien

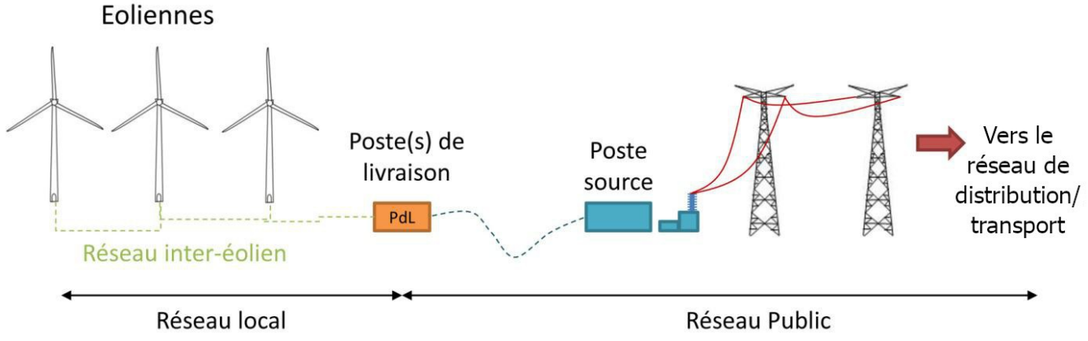



Illustration 6: Raccordement électrique des installations

#### 4.3.1.1 Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans 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 minimale de 80 cm en accotement de voies et à 120 cm environ en plein champ.

#### 4.3.1.2 Poste 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 entre le réseau de distribution et de transport d'électricité (lignes haute tension).

La localisation exacte de l'emplacement du ou des poste(s) 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.

#### 4.3.1.3 Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie le ou les poste(s) de livraison avec le poste source (réseau public de distribution d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement Enedis). Il est lui aussi entièrement enterré.

*Cf. Dossier 4- Etude d'impact*
*§ 5.1.2.5. Le réseau inter-éolien, les postes de livraison et le raccordement externe*

### 4.3.2 Raccordement électrique du parc éolien de Milin Ar C'hanol

Les différents aérogénérateurs, le poste de livraison, les réseaux électriques enterrés sont représentés sur les plans d'ensemble du dossier de demande d'autorisation environnementale.

*Cf. Fichier 8 du DAE- Plan de situation et plans d'ensemble*

Le raccordement des éoliennes entre elles et au poste de livraison, ainsi que la jonction au réseau extérieur seront réalisés en souterrain, depuis le poste de livraison vers le poste source qui sera défini par le gestionnaire du réseau (par exemple Enedis).

### 4.3.3 Autres réseaux

Le parc éolien de Milin Ar C'hanol ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.

# CHAPITRE 5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

Ce chapitre de l'étude de dangers a pour objectif de mettre en évidence les éléments de l'installation pouvant constituer un danger potentiel, que ce soit au niveau des éléments constitutifs des éoliennes, des produits contenus dans l'installation, des modes de fonctionnement, etc.

L'ensemble des causes externes à l'installation pouvant entraîner un phénomène dangereux, qu'elles soient de nature environnementale, humaine ou matérielle, sera traité dans l'analyse de risques.

## 5.1 Potentiels de dangers liés aux produits

Les produits utilisés dans le cadre du parc éolien de Milin Ar C'hanol permettent le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

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

### 5.1.1 Inventaire des produits

La liste des produits est fournie dans le tableau suivant, ici pour une éolienne Nordex N117 (l'inventaire et les ordres de grandeur seront identiques pour les autres modèles) :

| Lieu de lubrification | Désignation | Lubrifiant | Quantité | Classe de matière dangereuse |
|---|---|---|---|---|
| Système de refroidissement / Génératrice /Convertisseur | Varidos FSK 45 | Liquide de refroidissement | env. 70 L | Xn |
| Roulements de la génératrice | Klüberplex BEM 41-132 | Graisse | env. 9,4 kg | - |
| Multiplicateurs, circuits de refroidissement inclus | Mobilgear XMP 320<br><br>Pour CCV :<br>Optigear Synthetic / A320Optigear Synthetic<br><br>X320Mobilgear SHC XMP 320 | Huile minérale<br><br>Huile synthétique | 450L<br>ou<br>550 L<br><br>ou<br>650 L | - |
| Système Hydraulique | Shell Tellus S4 VX 32 | Huile minérale | env. 25 L | - |
| Palier de rotor | Mobil SHC Graisse 460 WT | Graisse | env. 30 kg | - |
| Roulement d'orientation de pale / Voie de roulement | Mobil SHC Graisse 460 WT | Graisse | 3 x 4,9 kg | - |
| Engrenage | Ceplattyn BL<br>Gleitmo 585 K pour CCV | Graisse<br>Graisse | env. 0,5 kg | - |
| Engrenage (orientation de pale) | Mobil SHC 629 | Huile synthétique | 3 x 11 L | - |
| Engrenage de système d'orientation | Mobil SHC 629 | Huile synthétique | 3/4 x 21 L | - |
| Roulements de système d'orientation / Voie de roulement | Mobil SHC Graisse 460 WT | Graisse | 3,8 kg | - |
| / Engrenage | Ceplattyn BL<br>Gleitmo 585 K pour CCV | Graisse<br>Graisse | env. 0,5 kg | - |
| Transformateur | - | - | - | - |

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

Tableau 7: Inventaire et ordre de grandeur des produits utilisés dans les éoliennes N131

(Source : NORDEX)

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

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

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

### 5.1.2 Dangers des produits

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien Milin Ar C'hanol sont :

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

Les huiles, les graisses et l'eau glycolée ne sont pas des produits inflammables. Ce sont néanmoins des produits combustibles qui sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud intense peuvent développer et entretenir un incendie. Dans les incendies d'éoliennes, ces produits sont souvent impliqués. Certains produits de maintenance peuvent être inflammables mais ils ne sont amenés dans l'éolienne que pour les interventions et sont repris en fin d'opération.

L'hexafluorure de soufre ($SF_6$), gaz utilisé dans les équipements électriques haute tension en tant qu'isolant électrique, est pour sa part ininflammable.

#### ■ Toxicité pour l'Homme

Ces divers produits ne présentent pas de caractère de toxicité pour l'homme. Ils ne sont pas non plus considérés comme corrosifs (à causticité marquée). Toutefois, le risque de toxicité peut survenir suite à un incendie créant certains produits de décomposition nocifs, entraînés dans les fumées de l'incendie.

#### ■ Dangerosité pour l'environnement

Vis-à-vis de l'environnement, le $SF_6$ possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont très limitées (seulement 1 à 2 kg de gaz dans les cellules de protection).

Les huiles et graisses, même si elles ne sont pas classées comme dangereuses pour l'environnement, peuvent en cas de déversement au sol ou dans les eaux entraîner une pollution du milieu, également en cas d'entraînement dans les eaux d'extinction incendie.

En conclusion, il ressort que les produits ne présentent pas de réel danger, si ce n'est lorsqu'ils sont soumis à un incendie, où ils vont entretenir cet incendie, ou s'ils sont déversés dans l'environnement générant un risque de pollution des sols ou des eaux.

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

Les produits seront présents en quantité restreinte sur le site.

Compte tenu de la nature des matières stockées sur le site et de leur quantité, aucune mesure n'est prévue hormis les kits anti-pollution qui équiperont les véhicules de maintenance (*Cf. Mesure de sécurité n° 8 p.55*).

Il n'y a pas de problème d'incompatibilité des produits entre eux ou bien vis-à-vis des matériaux utilisés pour leur stockage.

## 5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant.

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

Tableau 8: Dangers potentiels d'une éolienne

## 5.3 Réduction des potentiels de dangers à la source

### 5.3.1 Principales actions préventives

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

#### 5.3.1.1 Réduction des dangers liés aux produits

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. La quantité est de l'ordre de 400 à 1 500 litres par éolienne, et les lubrifiants doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon le type. Les quantités de produits ne peuvent être diminuées et les produits lubrifiants en eux-mêmes ne peuvent faire l'objet de substitution (considérés comme non dangereux pour l'environnement si utilisés comme recommandés et combustibles mais non inflammables). Les produits de nettoyage de type solvant, classés comme dangereux pour l'environnement peuvent quant à eux potentiellement faire l'objet de substitution. On rappelle cependant que ces produits ne sont utilisés que de manière ponctuelle et ne sont pas présents sur le site.

On note que la nacelle fait office de bac de récupération en cas de fuite au niveau de la couronne d'orientation ; la plateforme supérieure du mât, étanche, est également conçue pour collecter les éventuelles fuites. Le transformateur, présent dans le mât de l'éolienne, ne nécessite pas de bac de récupération car un système sec est utilisé, qui ne nécessite l'usage d'aucun lubrifiant.

La réduction des dangers liés aux produits dépend donc essentiellement de la bonne maintenance des appareils et du respect des règles de sécurité. Une attention particulière devra également être portée au transport des lubrifiants sur le site lors des phases de renouvellement.

#### 5.3.1.2 Réduction des dangers liés aux installations

Les principaux choix qui ont été effectués par le porteur de projet au cours de sa conception permettent de réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation. Ces choix sont synthétisés ci-après :

- Des mesures de vents ont été effectuées en amont du projet permettant une prévision des conditions climatiques. Le choix de l'éolienne sera adapté à ces conditions ;
- Le respect des prescriptions générales de l'arrêté du 26 août 2011 modifié impose au projet :
  - Un éloignement des aérogénérateurs de 500 m des habitations et zones constructibles,
  - Un choix d'aérogénérateurs respectant des normes de sécurité et disposant d'équipements de prévention des risques,
  - La réalisation obligatoire d'un contrôle technique des ouvrages.
- Les moyens techniques de MILIN AR C'HANOL ENERGIES et de ENERCON, NORDEX ou VESTAS sont mis à disposition via un contrat d'exploitation et de maintenance ;
- Le projet bénéficie de l'expérience de la SPV MILIN AR C'HANOL ENERGIES (QUENEA et ALTERRIC) dans le développement de projet éolien.

En outre, les mesures générales de prévention limitant les risques d'accident sur le parc éolien de Milin Ar C'hanol sont les suivantes :

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

### 5.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles

La directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, appelée directive IED, a pour objectif de parvenir à un niveau élevé de protection de l'environnement grâce à une prévention et à une réduction intégrées de la pollution provenant d'un large éventail d'activités industrielles et agricoles. Elle réunit en un seul texte sept directives préexistantes distinctes relatives aux émissions industrielles. Les dispositions correspondant à la directive IPPC[6] sont regroupées au sein de son chapitre II. Ce texte renforce tous les grands principes de la directive IPPC, élargit légèrement le champ d'application et introduit de nouvelles dispositions en matière de remise en état des sols.

La directive IED prévoit que les conditions d'autorisation doivent être fondées sur les MTD (« meilleures techniques disponibles »).

En particulier, les valeurs limites d'émission (VLE) définies dans les arrêtés d'autorisation d'exploiter doivent garantir que les émissions n'excèdent pas, dans des conditions normales d'exploitation, les niveaux d'émission associés aux MTD définies dans les conclusions sur les MTD » (article R. 515-67).

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

6 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 »)

# CHAPITRE 6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE

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

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accidents rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans l'analyse détaillée des risques.

## 6.1 Inventaire des accidents et incidents en France

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne effectué en mars 2012, et complété par les données disponibles de la base de données ARIA (consultation fin 2022).

*Cf. Annexe 3 : Annexe B du guide technique, inventaire de l'accidentologie réalisé en mars 2012 par le groupe de travail INERIS/SER FEE*
*Complément à l'accidentologie (mise à jour fin 2022)*

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

- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable ;
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- 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 avait pu être recensé entre 2000 et début 2012. Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné. Il est complété par 58 incidents supplémentaires enregistrés en France entre 2012 et fin 2022.

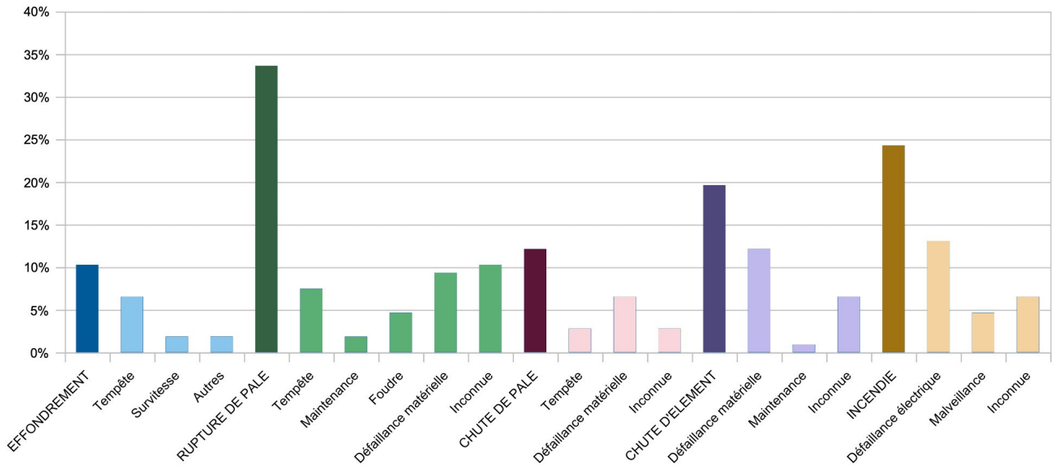
Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens (parcs installés dans les années 90 et la première moitié des années 2000), qui ne bénéficient généralement pas des dernières avancées technologiques.

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et fin 2022. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs.

Dans ce graphique sont présentés :

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

**Répartition des évènements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et fin 2022**




(Source : Groupe de travail FEE sur l'accidentologie des parcs éoliens, mise à jour Auddicé environnement 2022)

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale et les incendies, les chutes d'éléments, les chutes de pale et les effondrements. Les principales causes de ces accidents sont liées à la conception des machines, régulièrement mise en cause en cas de tempête, et aux défaillances électriques.

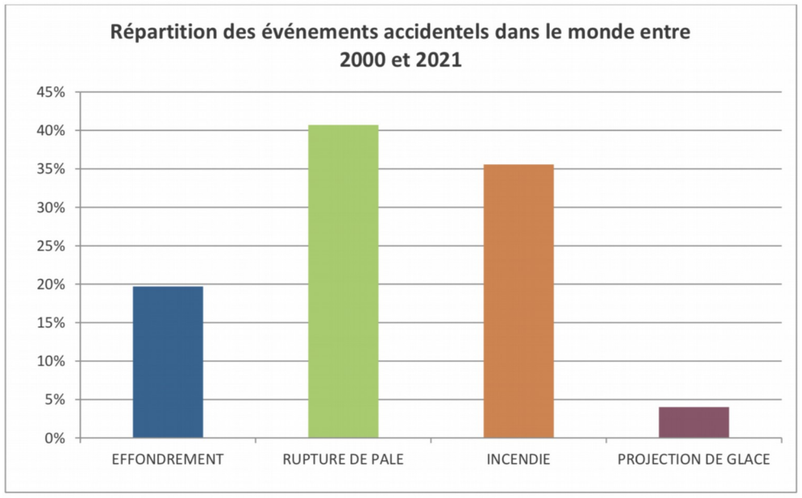
## 6.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international

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 au mois de juin 2021.

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 3 033 accidents décrits dans la base de données au moment de sa mise à jour, 1 801 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

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

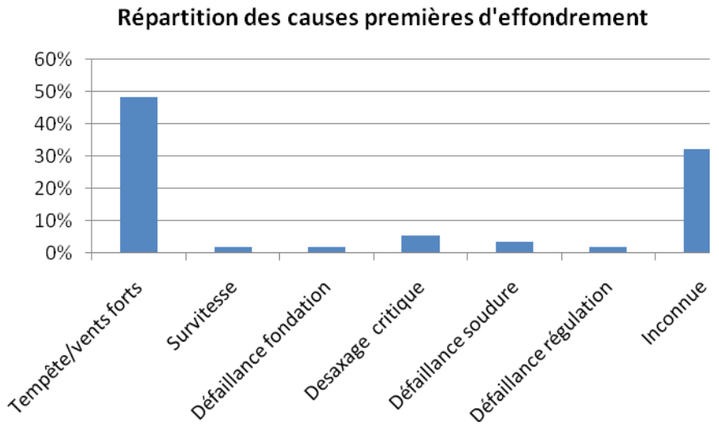
**Répartition des évènements accidentels dans le monde entre 2000 et juin 2021**

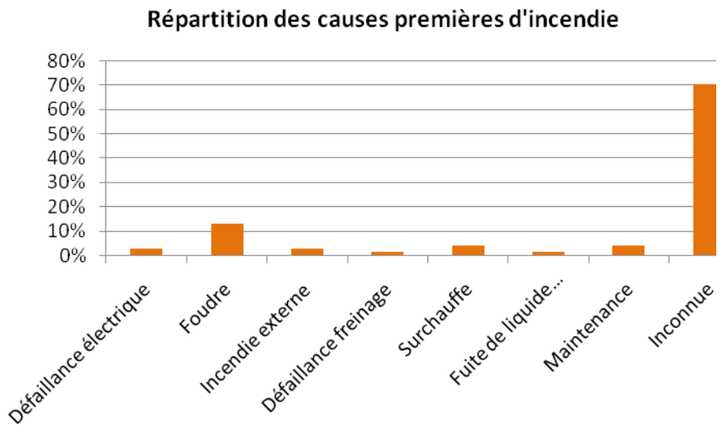


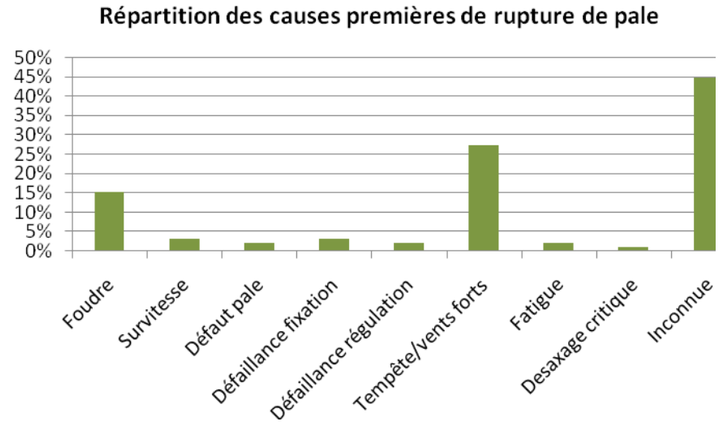

La répartition des évènements accidentels dans le monde entre 2000 et 2021 est du même ordre de grandeur que celle qui avait été observée entre 2000 et 2011 par le groupe de travail de SER/FEE.

Ci-contre, le recensement des causes premières présenté pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés) est celui qui porte sur les données 2000-2011 analysées par le groupe de travail mentionné précédemment.

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.



## 6.3 Inventaire des accidents majeurs sur les sites de l'exploitant

L'installation visée ne relève pas de l'extension d'une installation existante ni d'une révision de l'étude de dangers.

## 6.4 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

### 6.4.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

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

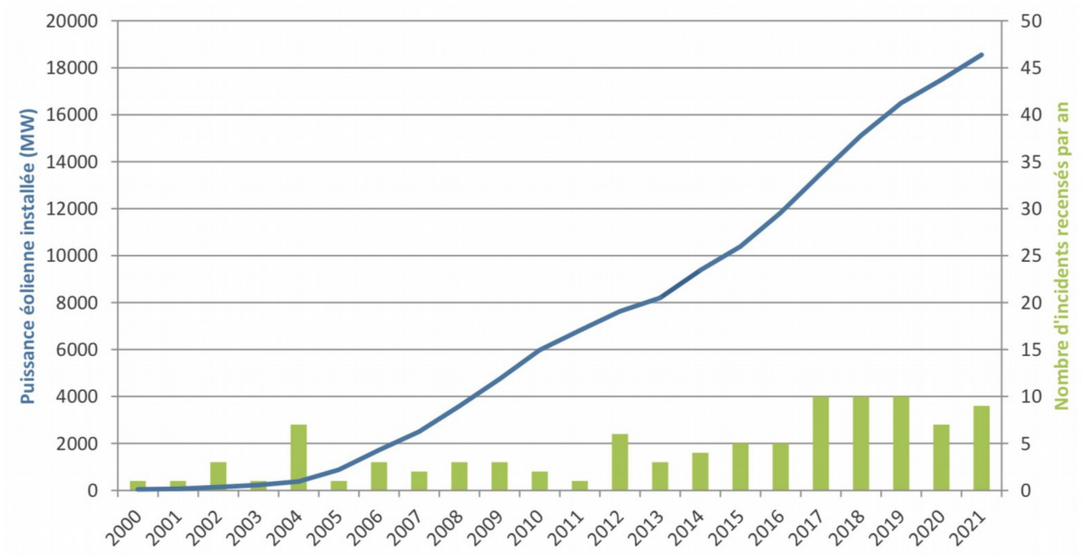



Illustration 7: Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

(Source : Groupe de travail FEE sur l'accidentologie des parcs éoliens-2012, mise à jour Auddicé environnement-2022)

### 6.4.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

### 6.4.3 Limites d'utilisation de l'accidentologie

Ces retours d'expérience doivent être pris avec précaution. Ils comportent notamment les biais suivants :

La non-exhaustivité des événements : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors certains événements ne sont pas reportés. En particulier, les événements les moins spectaculaires peuvent être négligés : chutes d'éléments, projections et chutes de glace ;

La non-homogénéité des aérogénérateurs inclus dans ce retour d'expérience : les aérogénérateurs observés n'ont pas été construits aux mêmes époques et ne mettent pas en œuvre les mêmes technologies. Les informations sont très souvent manquantes pour distinguer les différents types d'aérogénérateurs (en particulier concernant le retour d'expérience mondial) ;

Les importantes incertitudes sur les causes et sur la séquence qui ont 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.

# CHAPITRE 7. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

## 7.1 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.

## 7.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

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

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

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

- inondations ;
- séismes d'amplitude suffisante pour avoir des conséquences notables sur les infrastructures ;
- incendies de cultures ou de forêts ;
- pertes de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses ;
- explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne.

## 7.3 Recensement des agressions externes potentielles

### 7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines :

| Infrastructure | Fonction | Evénement redouté | Danger potentiel | Périmètre | Distance de la voie la plus proche par rapport au mât des éoliennes |
|---|---|---|---|---|---|
| Voies de circulation | Transport | Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules | Energie cinétique des véhicules et flux thermiques | 200 m | E1 : 140 m d'une route secondaire<br>E2 : 400 m d'une route secondaire ;<br>E3 : 90 m d'une route secondaire |
| Aérodrome | Transport aérien | Chute d'aéronef | Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique | 2000 m | Non concerné - Infrastructure au-delà du périmètre de 2 km. |
| Ligne THT | Transport d'électricité | Rupture de câble | Arc électrique, surtensions | 200 m | Non concerné - Absence de lignes THT dans le périmètre.<br>(la ligne HTA à proximité de E3 sera enfouie) |
| Autres aérogénérateurs | Production d'électricité | Accident générant des projections d'éléments | Energie cinétique des éléments projetés | 500 m | Distances inter-éoliennes supérieures à 500 m. |

Tableau 9: Agressions externes liées aux activités humaines

### 7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

| Agression externe | Fonction |
|---|---|
| Vents et tempête | La fréquence des vents violents[7] (jours pendant lesquels on enregistre des rafales dont la vitesse est supérieure à 58 km/h) est de 77,8 jours par an (dont 3,2 jours au cours desquels la vitesse du vent est supérieure à 100 km/h) pour la station de Quimper. Il est à noter que les régions les plus exposées aux vents violents le sont une centaine de jours par an.<br>Selon les statistiques 1981-2010, la station de Quimper a enregistré une rafale maximale de 151,2 km/h, qui s'est produite en 1999. |
| Foudre | La densité de foudroiement du site est très faible (0,3 coup/km²/an). D'autre part, les éoliennes retenues respecteront la norme IEC 61 400-24 et seront en outre équipées d'un dispositif agréé reliant les pales à la terre. Ce dispositif permet de réduire considérablement les risques d'atteinte grave de l'éolienne en cas de foudre. |
| Glissement de sols / Affaissements miniers | Aucun mouvement de terrain et ni aucune cavité n'a été recensé dans un rayon de 500 m autour des éoliennes.<br>Une étude géotechnique préalable aux travaux vérifiera l'absence de cavité souterraine et d'anomalie du sous-sol au droit de l'implantation des éoliennes. |

Tableau 10: Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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 puisque la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 présentée dans le paragraphe 7.6 p.52.

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

7 Sur l'échelle de Beaufort, une tempête correspond à des vents dont la vitesse est comprise, entre 89 et 102 km/h ; le terme d'ouragan est parfois employé, sous nos latitudes, pour désigner une tempête dont les vents soufflent à plus de 118 km/h (Source : F. BRUEL, www.alertes-meteo.com)

## 7.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

Le tableau ci-après 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, elles sont numérotées de façon a être listées dans le chapitre « Mise en place des mesures de sécurité » ;
- 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 du groupe de travail INERIS/SER FEE (« 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).

*Voir précisions en annexe :*

*Cf. Annexe 3 : Annexe C du guide technique, scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques*

| N° | Evénement initiateur | Evénement intermédiaire | Evénement 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<br>Propagation de l'incendie | 2 |
| **I02** | Dysfonctionne-ment électrique | Court-circuit | Incendie de tout ou partie de l'éolienne | Prévenir les courts-circuits (N°5) | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie | 2 |
| **I03** | Survitesse | Echauffement des parties mécaniques et inflammation | Incendie de tout ou partie de l'éolienne | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)<br>Prévenir la survitesse (N°4) | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie | 2 |
| **I04** | Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification | Echauffement des parties mécaniques et inflammation | Incendie de tout ou partie de l'éolienne | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie | 2 |
| **I05** | Conditions climatiques humides | Surtension | Court-circuit | Prévenir les courts-circuits (N°5)<br>Protection et intervention incendie (N°7) | Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6)<br>Propagation de l'incendie | 2 |
| **I06** | Rongeur | Surtension | Court-circuit | Prévenir les courts-circuits (N°5)<br>Protection et intervention incendie (N°7) | Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6)<br>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<br>Propagation de l'incendie | 2 |
| **F01** | Fuite système de lubrification<br>Fuite convertisseur<br>Fuite transformateur | Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration | Infiltration d'huile dans le sol | Prévention et rétention des fuites (N°8) | Pollution environnement | 1 |
| **F02** | Renversement de fluides lors des opérations de maintenance | Ecoulement | Infiltration d'huile dans le sol | Prévention et rétention des fuites (N°8) | Pollution environnement | 1 |
| **C01** | Défaut de fixation | Chute de trappe | Chute d'élément de l'éolienne | Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) | Impact sur cible | 1 |
| **C02** | Défaillance fixation anémomètre | Chute anémomètre | Chute d'élément de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Impact sur cible | 1 |
| **C03** | Défaut fixation nacelle – pivot central – mât | Chute nacelle | Chute d'élément de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Impact sur cible | 1 |
| **P01** | Survitesse | Contraintes trop importante sur les pales | Projection de tout ou partie pale | Prévenir la survitesse (N°4) | Impact sur cible | 2 |

| N° | Evénement initiateur | Evénement intermédiaire | Evénement redouté central | Fonction de sécurité (intitulé générique) | Phénomène dangereux | Qualification de la zone d'effet |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **P02** | Fatigue<br>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<br>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 | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | 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)<br>Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| **E09** | Fatigue | Défaillance mât | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)<br>Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| **E10** | Désaxage critique du rotor | Impact pale – mât | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)<br>Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |

Tableau 11: Analyse générique des risques

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

## 7.5 Effets dominos

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

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

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

Le guide technique 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 ne se situe dans ce périmètre.**

## 7.6 Mise en place des mesures de sécurité

Les tableaux de sécurité ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc éolien. 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 d'« 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 »).
- **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.
- **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
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

| Fonction de sécurité | Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace | N° de la fonction de sécurité | 1 |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur.<br>Procédure adéquate de redémarrage. | | |
| Description | Système de détection ou de déduction redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt de l'aérogénérateur.<br>Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site. | | |
| Indépendance | Non.<br>Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés. | | |
| Temps de réponse | Quelques minutes (<60) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne | | |
| Maintenance | Vérification du système suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.<br>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 sur le chemin d'accès des éoliennes.<br>Eloignement des zones habitées et fréquentées. | | |
| Description | Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace sur le chemin d'accès des éoliennes (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié). | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | NA | | |
| Efficacité | 100 %<br>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<br>Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes<br>Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement<br>Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice | | |
| Description | Tout les principaux composants sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne. En cas de dépassement de seuils, des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif), voire son arrêt. Tout phénomène anormal est automatiquement répertorié, tracé via le système SCADA de l'éolienne et donne lieu à des analyses, et si nécessaire, des interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | NA | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Vérifications du bon fonctionnement des capteurs lors des visites de maintenance | | |
| Maintenance | Maintenance préventive annuelle de la génératrice et de son système de refroidissement, ainsi que du multiplicateur (y compris le système de refroidissement de l'huile du multiplicateur).<br>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.<br>Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1 | | |
| Description | Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande.<br>NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et d'un frein mécanique auxiliaire. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | 15 à 60 s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté)<br>L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. | | |
| Maintenance | Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel (maintenance préventive annuelle) conformément l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence)<br>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. | | |

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

| **Fonction de sécurité** | **Prévenir les effets de la foudre** | **N° de la fonction de sécurité** | **6** |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur. | | |
| Description | Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010)<br>Parafoudres sur la nacelle + récepteurs de foudre sur les 2 faces des pales<br>Mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation)<br>Parasurtenseurs sur les circuits électriques | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | Immédiat dispositif passif | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Mesure de terre lors des vérifications réglementaires des installations électriques | | |
| Maintenance | Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.<br>Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive. | | |

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

| **Fonction de sécurité** | **Prévention et rétention des fuites** | **N° de la fonction de sécurité** | **8** |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Détecteurs de niveau d'huiles<br>Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération<br>Procédure d'urgence<br>Kit antipollution | | |
| Description | Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.<br>Présence d'un système de collecte des fluides contenus dans les composants de l'éolienne (la nacelle et la plateforme supérieure du mât sont conçues pour collecter les éventuelles fuites).<br>Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange.<br>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :<br>– de contenir et arrêter la propagation de la pollution ;<br>– d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ;<br>– de récupérer les déchets absorbés.<br>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | Dépendant du débit de fuite | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | / | | |
| Maintenance | Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an | | |

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

| **Fonction de sécurité** | **Prévenir les erreurs de maintenance** | **N° de la fonction de sécurité** | **10** |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Procédure maintenance | | |
| Description | Préconisations du manuel de maintenance<br>Formation du personnel | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | NA | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | NA | | |
| Maintenance | Les opérations de maintenance font l'objet d'un rapport permettant la réalisation d'un suivi. | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir la dégradation de l'état des équipements | N° de la fonction de sécurité | 11 |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Inspection et suivi des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes | | |
| Description | Toutes les pièces de l'éolienne sont protégées contre la corrosion et les autres influences néfastes de l'environnement au moyen d'un revêtement spécial à plusieurs couches.<br>Des contrôles visuels sont réalisés lors des opérations de maintenance.<br>Les données mesurées par les capteurs et les sondes présentes dans l'éolienne sont suivies, enregistrées et traitées afin de détecter les éventuelles dégradations des équipements. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, une inspection de l'équipement potentiellement dégradé est réalisée. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | NA | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | / | | |
| Maintenance | NA | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort | N° de la fonction de sécurité | 12 |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents.<br>Détection et prévention des vents forts et tempêtes<br>Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite | | |
| Description | L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | 15 à 60 s suivant le programme de freinage | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne.<br>Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne. | | |
| Maintenance | Maintenance préventive du système pitch (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T3 / T4), notamment vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch.<br>Maintenance préventive du frein mécanique (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T3 / T4), notamment inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique. | | |

| Fonction de sécurité | Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau | N° de la fonction de sécurité | 13 |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Détection des défaillances du réseau électrique<br>Batteries pour chaque système pitch<br>Système d'alimentation sans coupure (UPS) | | |
| Description | Surveillance du réseau + surveillance des défaillances réseau par le convertisseur principal qui entraîne la déconnexion de l'éolienne du réseau électrique.<br>Commande de l'éolienne et communication externe assurées pendant environ 10 min, permettant l'arrêt automatique de l'éolienne. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | 150 ms pour identifier une défaillance réseau<br>15 à 60 s pour l'arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | Vérification de la charge des batteries d'alimentation de secours des systèmes pitch lors de la séquence de démarrage de l'éolienne | | |
| Maintenance | Remplacement des batteries du système pitch au cours de la maintenance quinquennale.<br>Maintenance curative suite à une défaillance du matériel. | | |

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

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

## 7.7 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 :

| Nom du scénario exclu | Justification |
|---|---|
| Incendie de l'éolienne (effets thermiques) | En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m² n'est pas atteinte (pour rappel, la nacelle dans le cas présent est au moins à 130 m).<br><br>Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 modifié encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.<br><br>Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments. |
| Incendie du poste de livraison ou du transformateur | En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistants du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 modifié [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200). |
| Infiltration d'huile dans le sol | En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.<br><br>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. |

Tableau 12: Scénarios exclus de l'étude détaillée

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

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

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

# CHAPITRE 8. ETUDE 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.

## 8.1 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 nuage 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 national relatif à l'étude de dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version de mai 2012. Cette méthode est inspirée des méthodes utilisées pour les autres phénomènes dangereux des installations classées, dans l'esprit de la loi du 30 juillet 2003.

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

### 8.1.1 Cinétique

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 (référence [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.**

### 8.1.2 Intensité

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

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

Tableau 13: Grille de cotation en intensité issue du guide technique

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

### 8.1.3 Gravité

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

| 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 » |

Tableau 14: Grille de cotation en gravité de l'arrêté du 29 septembre 2005

#### ■ Méthodologie et hypothèse de travail des comptages

*Cf. § 3.4 Cartographie de synthèse*
*§ 3.4.1 Méthodologie de comptage, p.29*
*§ 3.4.2 Hypothèses de travail, p.29*

### 8.1.4 Probabilité

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

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

Tableau 15: Grille de cotation en probabilité de l'arrêté du 29 septembre 2005

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

- de la bibliographie relative à l'évaluation des risques pour des éoliennes,
- du retour d'expérience français,
- des définitions qualitatives de l'arrêté du 29 septembre 2005.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*Cf. Annexe 3 : Annexe 1.D du guide technique, probabilité d'atteinte et risque individuel*

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

### 8.1.5 Acceptabilité

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

L'analyse d'acceptabilité est basée sur la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 et reprise dans la circulaire du 10 mai 2010.

L'acceptabilité résulte du croisement entre probabilité d'occurrence et gravité de l'accident.

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

Tableau 16: Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010

Légende de la matrice :

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

## 8.2 Sélection de l'éolienne la plus impactante

Le type d'aérogénérateur n'étant pas encore retenu (il sera choisi sera choisi après délivrance des autorisations administratives nécessaires), l'étude de dangers a été réalisée de manière à se placer dans les conditions les plus impactantes.

Pour cela, le degré d'exposition (*Cf. détail des calculs Tableau 20 : Scénario d'effondrement – calcul de l'intensité page suivante par exemple*) a été calculé pour chaque phénomène et pour chaque modèle d'éolienne d'après leurs dimensions respectives (*Cf. Tableau 4: Dimensions des éoliennes envisagées, p.34*).

Le résultat des calculs est présenté dans le tableau suivant :

| Scénario | Modèle d'éolienne | | |
|---|---|---|---|
| | E138 | N131 | V136 |
| Effondrement d'éolienne | 0,8714 % | 0,7704 % | 0,8895 % |
| Chute de glace | 0,0065 % | 0,0072 % | 0,0066 % |
| Chute d'élément | 0,870 % | 0,909 % | 0,907 % |
| Projection de pale ou de fragment de pale | 0,017 % | 0,016 % | 0,017 % |
| Projection de glace | 0,0002 % | 0,0002 % | 0,0002 % |

Tableau 17: Degré d'exposition calculé par phénomène et par modèle d'éolienne

Les degrés d'exposition ainsi calculés ont permis d'évaluer l'intensité des phénomènes pour chaque type d'éolienne :

*Nota pour mémoire :*

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

Grille de cotation en intensité issue du guide technique

| Scénario | Modèle d'éolienne | | |
|---|---|---|---|
| | E138 | N131 | V136 |
| Effondrement d'éolienne | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée |
| Chute de glace | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée |
| Chute d'élément | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée |
| Projection de pale ou de fragment de pale | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée |
| Projection de glace | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée |

Tableau 18: Intensité des phénomènes selon le modèle d'éolienne

**Pour chacune des trois éoliennes (E1, E2 et E3), les modèles considérés ne présentent pas de différence concernant l'intensité des phénomènes, et ce quelque le soit le scénario considéré.**

L'intensité ne permettant pas de sélectionner les modèles les plus impactants, nous allons donc comparer les zones d'effet des modèles envisagés pour chacune des trois éoliennes :

| Scénario | Modèle d'éolienne | | |
|---|---|---|---|
| | E138 | N131 | V136 |
| Effondrement d'éolienne | 125 569,48 m² | 125 036,17 m² | **125 663,71 m²** |
| Chute de glace | **15 415,80 m²** | 13 955,65 m² | 15 065,70 m² |
| Chute d'élément | **15 415,80 m²** | 13 955,65 m² | 15 065,70 m² |
| Projection de pale ou de fragment de pale | 785 398,16 m² | 785 398,16 m² | 785 398,16 m² |
| Projection de glace | **511 679,93 m²** | 496 391,27 m² | 507 693,94 m² |

Tableau 19: Zone d'effet par phénomène et par modèle d'éolienne (*les cases en bleu sont les zones les plus grandes par modèle d'éolienne*)

Les zones d'effet des modèles considérés pour chacune des trois éoliennes (E1, E2 et E3) sont globalement similaires. Il est toutefois possible de sélectionner les modèles pour lesquels les zones d'effet sont les plus grandes :

- le modèle **E138** possède trois des quatre plus grandes zones d'effet ;
- le modèle **V136** possède une des quatre plus grandes zones d'effet.

**Ainsi, afin de se placer dans des conditions majorantes, ce sont donc les dimensions du modèle E138 qui sont retenues pour la réalisation des calculs présentés dans l'analyse détaillée des risques (*§ 8.3. ci-après*).**

## 8.3 Caractérisation des scénarios retenus

Toutes les formules employées dans ce chapitre sont issues du guide technique INERIS/SER FEE.

### 8.3.1 Effondrement de l'éolienne

#### ■ 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, dans le cas des éoliennes du parc de Milin Ar C'hanol : **199,9 m**.

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.

#### ■ 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.

| | |
|---|---|
| R est la longueur d'une pale | R = 67,695 m |
| D/2 est la longueur d'un demi-diamètre | D/2 = 69,125 m |
| LB est la largeur maximale de la pale | LB = 3,956 m |
| H est la hauteur au moyeu | H = 130,8 m |
| L est la largeur à la base du mât | L = 5,23 m |

Le tableau suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement d'une éolienne dans le cas du parc éolien de Milin Ar C'hanol.

| **Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Zone d'impact ($Z_i$)** | **Zone d'effet du phénomène étudié ($Z_E$)** | **Degré d'exposition du phénomène étudié (D)** | **Intensité** |
| $Z_i = (H) \times L + 3 \times D/2 \times LB/2$ [8] | $Z_E = \pi \times (H+D/2)^2$ [8] | $D = Z_i \times 100 / Z_E$ | |
| 1 094,27 m² | 125 569,48 m² | 0,8714 % | Exposition modérée |

Tableau 20: Scénario d'effondrement – calcul de l'intensité

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

#### ■ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (*Cf. § 8.1 Rappel des définitions, p.60*), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne :

| **Intensité** / **Gravité** | **Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée** |
|---|---|
| « Désastreux » | Plus de 1000 personnes exposées |
| « Catastrophique » | Entre 100 et 1000 personnes exposées |
| « Important » | Entre 10 et 100 personnes exposées |
| « Sérieux » | Moins de 10 personnes exposées |
| « Modéré » | Présence humaine exposée inférieure à « une personne » |

8 Dans le guide technique les formules initiales sont : *(H)xL+3xRxLB/2* et *π x (H+R)²*. Toutefois, la longueur de la pale R étant inférieure à la demi-longueur du rotor D/2, et H étant la hauteur du mât au moyeu, les formules *(H)xL+3xD/2xLB/2* et *π x (H+D/2)²* nous semblent plus représentatives.

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.

| **Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Eol.** | **Terrains dans la zone d'effet (zone agricole, routes et chemins)*** | | **Comptage du nombre de personnes total** | **Gravité** |
| | Surface en m² | **Comptage du nombre de personnes sur la zone** | | |
| E1 | 125 569,48 | **1,26** | **1,26** | Sérieux |
| E2 | 125 569,48 | **1,26** | **1,26** | Sérieux |
| E3 | 125 569,48 | **1,26** | **1,26** | Sérieux |

*(*) le comptage des chemins est pris en compte dans le comptage du terrain – Cf. § 3.4.2 Hypothèses de travail, p.29*

Tableau 21: Scénario d'effondrement – cotation de la gravité

### Probabilité

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

| **Source** | **Fréquence** | **Justification** |
|---|---|---|
| Guide for risk based zoning of wind turbines [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[9], 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 : « *Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ».

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

Il est indiqué également dans le guide technique que des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place sur les machines récentes et permettent de réduire significativement la probabilité d'effondrement. Ces mesures de sécurité sont notamment :

- respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1
- contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique

De manière générale, le respect de la réglementation en vigueur 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* ».**

9 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.

### Acceptabilité

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 1 000 personnes sont exposées.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien de Milin Ar C'hanol, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

| **Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)** | | |
|---|---|---|
| **Eolienne** | **Gravité** | **Niveau de risque** |
| E1 | Sérieux | Acceptable |
| E2 | Sérieux | Acceptable |
| E3 | Sérieux | Acceptable |

Tableau 22: Scénario d'effondrement – acceptabilité du risque

**Ainsi, pour le parc éolien de Milin Ar C'hanol, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

## 8.3.2 Chute de glace

### 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 (référence [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.

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.

### 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 d'après le guide INERIS. Toutefois, le moyeu ne se situant pas tout à fait dans l'axe du mât, le diamètre de la zone de survol (Ds) est légèrement supérieur au diamètre du rotor (D)

*Cf. Illustration 5: Plan schématique et dimensions maximales des éoliennes envisagées, p.33*

Pour le parc éolien, la zone d'effet a donc un rayon de **70,05 m**.

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

## 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).

| | |
|---|---|
| $Z_I$ est la zone d'impact | |
| $Z_E$ est la zone d'effet | |
| SG est la surface du morceau de glace majorant | SG = 1 m² |
| R est la longueur d'une pale | R = 67,795 m |
| Ds/2 est la longueur du demi-diamètre de la zone de survol | Ds/2 = 70,05 m |

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace.

| **Chute de glace (dans un rayon égal à la zone de survol Ds/2)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Zone d'impact ($Z_I$)** | **Zone d'effet du phénomène étudié ($Z_E$)** | **Degré d'exposition du phénomène étudié (D)** | **Intensité** |
| $Z_I$ = SG | $Z_E = \pi \times (Ds/2)^2$ [10] | $D = Z_I \times 100 / Z_E$ | |
| 1,0 m² | 15 415,80 m² | 0,0065 % | Exposition modérée |

Tableau 23: Scénario chute de glace – calcul de l'intensité

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

## Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (*Cf. § 8.1 Rappel des définitions, p.60*), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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

| **Chute de glace (dans un rayon égal à la zone de survol)** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Eol.** | **Terrains dans la zone d'effet (zone agricole, routes et chemins)*** | | **Comptage du nombre de personnes total** | **Gravité** |
| | Surface en m² | **Comptage du nombre de personnes sur la zone** | | |
| E1 | 15 415,80 | **0,154** | **0,154** | Modéré |
| E2 | 15 415,80 | **0,154** | **0,154** | Modéré |
| E3 | 15 415,80 | **0,154** | **0,154** | Modéré |

*(*) le comptage des routes et chemins non structurants est pris en compte dans le comptage du terrain – Cf. § 3.4.2 Hypothèses de travail, p.29*

Tableau 24: Scénario chute de glace – cotation de la gravité

10 Dans le guide technique la formule initiale est : $\pi \times R^2$. Toutefois, la longueur de la pale (R) étant inférieure à la demi-longueur de la zone de survol (Ds/2), la formule $\pi \times (Ds/2)^2$ nous semble plus représentative.

### Probabilité

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

### Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de A, le risque de chute de glace pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'une gravité « Modérée » qui correspond pour cet événement à un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1.

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

| **Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol)** | | |
|---|---|---|
| **Eolienne** | **Gravité** | **Niveau de risque** |
| E1 | Modéré | Acceptable |
| E2 | Modéré | Acceptable |
| E3 | Modéré | Acceptable |

Tableau 25: Scénario chute de glace – acceptabilité du risque

**Ainsi, pour le parc éolien de Milin Ar C'hanol, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

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

## 8.3.3 Chute d'éléments de l'éolienne

### 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'éléments 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 d'après le guide INERIS. Toutefois, le moyeu ne se situant pas tout à fait dans l'axe du mât, le diamètre de la zone de survol (Ds) est légèrement supérieur au diamètre du rotor (D)

*Cf. Illustration 5: Plan schématique et dimensions maximales des éoliennes envisagées, p.33*

Pour le parc éolien, la zone d'effet a donc un rayon de **70,05 m**.

### 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 page suivante permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien, avec :

| | |
|---|---|
| d est le degré d'exposition | |
| $Z_I$ est la zone d'impact | |
| $Z_E$ est la zone d'effet | |
| R est la longueur d'une pale | R = 67,795 m |
| LB est la largeur maximale de la pale | LB = 3,956 m |
| Ds/2 est la longueur du demi-diamètre de la zone de survol | Ds/2 = 70,05 m |

| Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon égal à la zone de survol Ds/2) | | | |
|---|---|---|---|
| **Zone d'impact ($Z_I$)** | **Zone d'effet du phénomène étudié ($Z_E$)** | **Degré d'exposition du phénomène étudié (D)** | **Intensité** |
| $Z_I = R*LB/2$ | $Z_E = \pi \times (Ds/2)^2$ [11] | $D = Z_I \times 100 / Z_E$ | |
| 134,10 m² | 15 415,80 m² | 0,870 % | Exposition modérée |

Tableau 26: Scénario chute d'éléments de l'éolienne – calcul de l'intensité

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

### Gravité

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

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

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.

| Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon égal à la zone de survol) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Eol.** | **Terrains dans la zone d'effet (zone agricole, routes et chemins)*** | | **Comptage du nombre de personnes total** | **Gravité** |
| | Surface en m² | **Comptage du nombre de personnes sur la zone** | | |
| E1 | 15 415,80 | **0,154** | **0,154** | Modéré |
| E2 | 15 415,80 | **0,154** | **0,154** | Modéré |
| E3 | 15 415,80 | **0,154** | **0,154** | Modéré |

*(*) le comptage des routes et chemins non structurants est pris en compte dans le comptage du terrain – Cf. § 3.4.2 Hypothèses de travail, p.29*

Tableau 27: Scénario chute d'éléments de l'éolienne – cotation de la gravité

### Probabilité

Peu d'élément sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes. Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47 x $10^{-4}$ événement par éolienne et par an).

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

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

11 Dans le guide technique la formule initiale est : $\pi \times R^2$. Toutefois, la longueur de la pale (R) étant inférieure à la demi -longueur de la zone de survol (Ds/2), la formule $\pi \times (Ds/2)^2$ nous semble plus représentative..

### ■ Acceptabilité

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 100 personnes dans la zone d'effet.

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

| **Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol)** | | |
|---|---|---|
| **Eolienne** | **Gravité** | **Niveau de risque** |
| E1 | Modéré | Acceptable |
| E2 | Modéré | Acceptable |
| E3 | Modéré | Acceptable |

Tableau 28: Scénario chute d'éléments de l'éolienne – acceptabilité du risque

**Ainsi, pour le parc éolien de Milin Ar C'hanol, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

## 8.3.4 Projection de pales ou de fragments de pales

### ■ Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail INERIS/SER FEE 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.**

### ■ 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 page suivante permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne, avec :

| | |
|---|---|
| d est le degré d'exposition | |
| $Z_I$ est la zone d'impact | |
| $Z_E$ est la zone d'effet | |
| R est la longueur d'une pale | R = 67,795 m |
| LB est la largeur maximale de la pale | LB = 3,956 m |

| Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne) | | | |
|---|---|---|---|
| **Zone d'impact ($Z_I$)** | **Zone d'effet du phénomène étudié ($Z_E$)** | **Degré d'exposition du phénomène étudié (D)** | **Intensité** |
| $Z_I = R*LB/2$ | $Z_E = \pi \times (500)^2$ | $D = Z_I \times 100 / Z_E$ | |
| 134,10 m² | 785 398,2 m² | 0,017 % | Exposition modérée |

Tableau 29: Scénario projection de pales ou de fragments de pales – calcul de l'intensité

## Gravité

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

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

Le tableau suivante indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale et la gravité associée.

| Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Eol.** | **Terrains dans la zone d'effet (zone agricole, boisements, routes et chemins)*** | | **Bâtiment agricole** | **Comptage du nombre de personnes total** | **Gravité** |
| | Surface en m² | **Comptage du nombre de personnes sur la zone** | **Comptage du nombre de personnes sur le site** | | |
| E1 | 785 398,2 | **7,85** | - | **7,85** | Sérieux |
| E2 | 785 398,2 | **7,85** | **2** | **9,85** | Sérieux |
| E3 | 785 398,2 | **7,85** | - | **7,85** | Sérieux |

*(*) le comptage des voies non structurantes est pris en compte dans le comptage du terrain – Cf. § 3.4.2 Hypothèses de travail, p.29*

Tableau 30: Scénario projection de pales ou de fragments de pales – cotation de la gravité

## Probabilité

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

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

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

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

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

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

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

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

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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* ».**

## Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de « D », le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1000 dans la zone d'effet.

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

| **Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)** | | |
|---|---|---|
| **Eolienne** | **Gravité** | **Niveau de risque** |
| E1 | Sérieux | Acceptable |
| E2 | Sérieux | Acceptable |
| E3 | Sérieux | Acceptable |

Tableau 31: Scénario projection de pales ou de fragments de pales – acceptabilité du risque

**Ainsi, pour le parc éolien de Milin Ar C'hanol, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

## 8.3.5 Projection de glace

### Zone d'effet

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

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

Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor)

Soit dans le cas du projet éolien de Milin Ar C'hanol : **403,6 m**.

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

### Intensité

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

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace.

| d est le degré d'exposition | |
|---|---|
| $Z_I$ est la zone d'impact | |
| $Z_E$ est la zone d'effet | |
| SG est la surface du morceau de glace majorant | SG = 1 m² |
| D est la longueur du diamètre du rotor | D = 138,25 m |
| H est la hauteur au moyeu | H = 130,8 m |

| **Projection de morceaux de glace (dans un rayon de zone d'effet ($R_{PG}$), soit 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Zone d'impact ($Z_I$)** | **Zone d'effet du phénomène étudié ($Z_E$)** | **Degré d'exposition du phénomène étudié (D)** | **Intensité** |
| $Z_I$ = SG | $Z_E = \pi$ x (1,5*(H+D))² [12] | D = $Z_I$ x 100 / $Z_E$ | |
| 1,0 m² | 511 679,93 m² | 0,0002 % | Exposition modérée |

Tableau 32: Scénario projection de glace – calcul de l'intensité

### Gravité

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

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

Il a été observé dans la littérature disponible [17] qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale.

**La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.**

12 Dans le guide technique la formule initiale est : *ZE = π x 1,5*(H+2R)², or H+2R ne correspond pas H+D préconisée dans l'étude [15], car R ne tient pas compte de la taille du moyeu.*

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

| **Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne)** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Eol.** | **Terrains dans la zone d'effet (zone agricole, boisements)*** | | **Comptage du nombre de personnes total** | **Gravité** |
| | Surface en m² | **Comptage du nombre de personnes sur la zone** | | |
| E1 | 511 679,93 | **5,12** | **5,12** | Sérieux |
| E2 | 511 679,93 | **5,12** | **5,12** | Sérieux |
| E3 | 511 679,93 | **5,12** | **5,12** | Sérieux |

*(*) les automobilistes étant protégés par leur véhicule, aucune voie routière n'est comptabilisée ici (Cf. paragraphe précédent « gravité »).*

Tableau 33: Scénario projection de glace – cotation de la gravité

## 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 ;
- le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace ;

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

## Acceptabilité

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

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

| **Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Eolienne** | **Gravité** | ***Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage **** | **Niveau de risque** |
| E1 | Sérieux | oui | Acceptable |
| E2 | Sérieux | oui | Acceptable |
| E3 | Sérieux | oui | Acceptable |

Tableau 34: Scénario projection de glace – acceptabilité du risque

** Cf. Fonction de sécurité n° 1, p.53*

**Ainsi, pour le parc éolien de Milin Ar C'hanol, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.**

## 8.4 Synthèse de l'étude détaillée des risques

### 8.4.1 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. Il regroupe les éoliennes qui ont le même profil de risque.

| Scénario | | Zone d'effet | Cinétique | Intensité | Probabilité | Gravité |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S1 | Effondrement de l'éolienne | Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale<br>Soit 199,9 m | Rapide | Exposition modérée | D | Sérieux pour toutes les éoliennes |
| S2 | Chute de glace | Zone de survol<br>Soit 70,05 m | Rapide | Exposition modérée | A | Modéré pour toutes les éoliennes |
| S3 | Chute d'éléments de l'éolienne | Zone de survol<br>Soit 70,05 m | Rapide | Exposition modérée | C | Modéré pour toutes les éoliennes |
| S4 | Projection de pale ou de fragments de pale | 500 m autour de l'éolienne | Rapide | Exposition modérée | D | Sérieux pour toutes les éoliennes |
| S5 | Projection de glace | 1,5 x (H + D) autour de l'éolienne<br>Soit 403,6 m | Rapide | Exposition modérée | B | Sérieux pour toutes les éoliennes |

Tableau 35: Synthèse de la cotation des risques – étude détaillée

Les scénarios ci-dessus sont repris dans la matrice d'acceptabilité (*voir paragraphe suivant*).

### 8.4.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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

Les scénarios étudiés et synthétisés précédemment sont insérés dans la matrice de la circulaire :

| Conséquence | Classe de Probabilité | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | E | D | C | B | A |
| Désastreux | | | | | |
| Catastrophique | | | | | |
| Important | | | | | |
| Sérieux | | **S1** **S4** | | **S5** | |
| Modéré | | | **S3** | | **S2** |

Tableau 36: Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010

Légende de la matrice :

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

Rappel des scénarios

| | |
|---|---|
| S1 | Effondrement de l'éolienne |
| S2 | Chute de glace |
| S3 | Chute d'éléments de l'éolienne |
| S4 | Projection de pale ou fragments |
| S5 | Projection de glace |

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

- **aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;**
- **certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées au paragraphe 7.6 p.52 sont mises en place.**

### 8.4.3 Cartographie des risques

La cartographie des risques a été réalisée. Elle indique les différents périmètres de risques ainsi que les enjeux vulnérables identifiés.

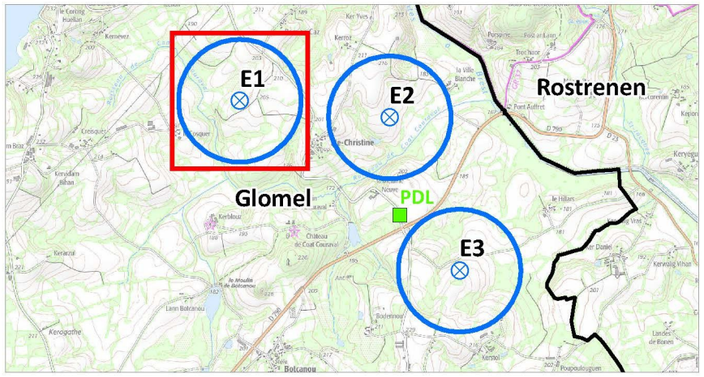
*Cf. Carte des risques : E1, p.77*
*Carte des risques : E2, p.78*
*Carte des risques : E3, p.79*

Milin Ar C'hanol Energies

Projet éolien Milin Ar C'hanol (22)

Étude d'Impact sur l'Environnement

# Carte des risques
# - Eolienne E1 -




**Aire d'étude**
- Aire d'étude (500 m)

**Projet**
- Eolienne projetée
- Aire de survol
- Raccordement électrique interne
- Poste de livraison
- Fondation
- Plateforme à créer
- Accès à créer

**Limites administratives**
- Limite cadastrale
- Limite communale

**Enjeux**

*Réseau routier*
- Route départementale
- Voie communale et chemin

*Réseaux d'électricité*
- Ligne électrique aérienne HTA
- Ligne électrique aérienne BT
- Ligne électrique souterraine HTA
- Ligne électrique souterraine BT
- Poste électrique HTA/BT

*Autres réseaux*
- Réseau fibre Bretagne TDH
- Réseau aérien Orange
- Réseau souterrain Orange
- Eau potable
- Gazoduc GRTgaz

*Réseau hydrographique*
- Cours d'eau

*Zones urbanisées*
- Bâtiment agricole
- Autre bâti

**Périmètres de zones d'effet des scénarios**
- Chute d'éléments de l'éolienne (70,1 m)
- Chute de glace (70,1 m)
- Effondrement de l'éolienne (199,9 m)
- Projection de glace (403,6 m)
- Projection de pales ou de fragments de pales (500 m)

0 — 100 — 200

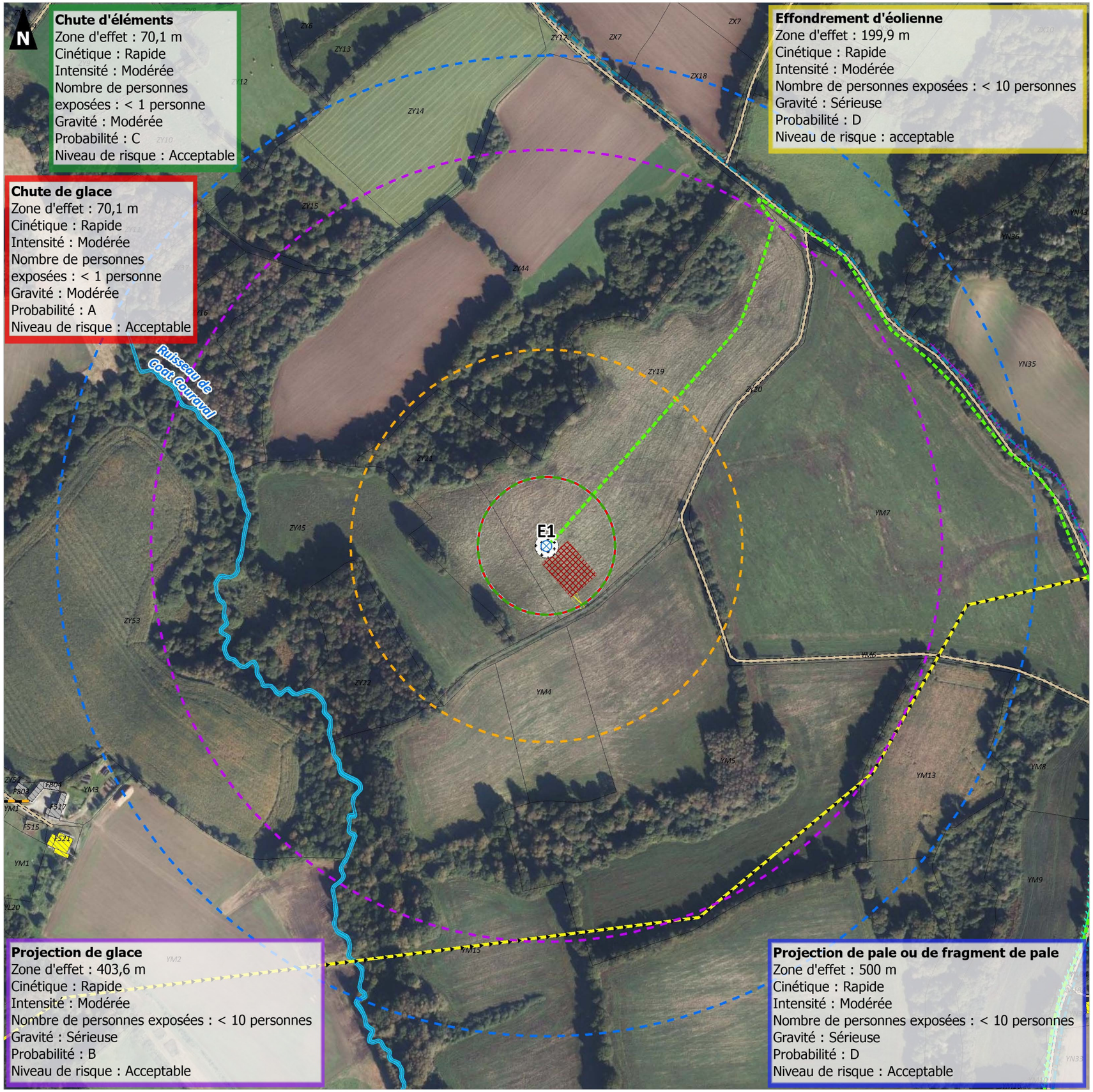
Mètres

**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)


Réalisation : AUDDICE, décembre 2023
Sources de fond de carte : IGN SCAN 25 et BD ORTHO, 2021
Sources de données : IGN ADMIN EXPRESS - OMS - CADASTRE - ENEDIS - ARVRO ENERGIES - AUDDICE, 2023


auddicé




**Chute d'éléments**
Zone d'effet : 70,1 m
Cinétique : Rapide
Intensité : Modérée
Nombre de personnes exposées : < 1 personne
Gravité : Modérée
Probabilité : C
Niveau de risque : Acceptable

**Chute de glace**
Zone d'effet : 70,1 m
Cinétique : Rapide
Intensité : Modérée
Nombre de personnes exposées : < 1 personne
Gravité : Modérée
Probabilité : A
Niveau de risque : Acceptable

**Effondrement d'éolienne**
Zone d'effet : 199,9 m
Cinétique : Rapide
Intensité : Modérée
Nombre de personnes exposées : < 10 personnes
Gravité : Sérieuse
Probabilité : D
Niveau de risque : acceptable

**Projection de glace**
Zone d'effet : 403,6 m
Cinétique : Rapide
Intensité : Modérée
Nombre de personnes exposées : < 10 personnes
Gravité : Sérieuse
Probabilité : B
Niveau de risque : Acceptable

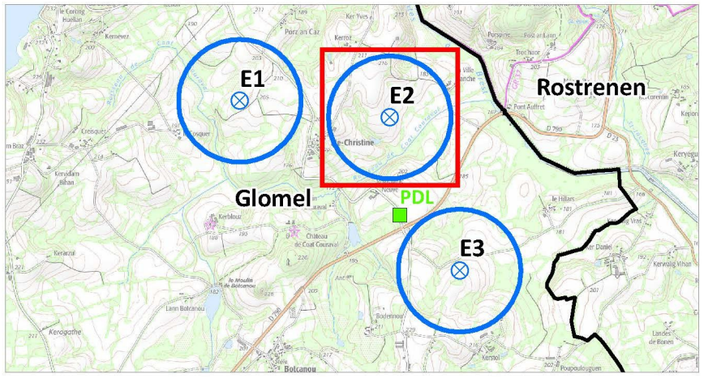
**Projection de pale ou de fragment de pale**
Zone d'effet : 500 m
Cinétique : Rapide
Intensité : Modérée
Nombre de personnes exposées : < 10 personnes
Gravité : Sérieuse
Probabilité : D
Niveau de risque : Acceptable

Milin Ar C'hanol Energies

# Projet éolien Milin Ar C'hanol (22)

## Étude d'Impact sur l'Environnement

## Carte des risques
## - Eolienne E2 -




**Aire d'étude**

Aire d'étude (500 m)

**Projet**

- Eolienne projetée
- Aire de survol
- Raccordement électrique interne
- Poste de livraison
- Fondation
- Plateforme à créer
- Accès à créer

**Limites administratives**

- Limite cadastrale
- Limite communale

**Enjeux**

*Réseau routier*

- Route départementale
- Voie communale et chemin

*Réseaux d'électricité*

- Ligne électrique aérienne HTA
- Ligne électrique aérienne BT
- Ligne électrique souterraine HTA
- Ligne électrique souterraine BT
- Poste électrique HTA/BT

*Autres réseaux*

- Réseau fibre Bretagne TDH
- Réseau aérien Orange
- Réseau souterrain Orange
- Eau potable
- Gazoduc GRTgaz

*Réseau hydrographique*

- Cours d'eau

*Zones urbanisées*

- Bâtiment agricole
- Autre bâti

**Périmètres de zones d'effet des scénarios**

- Chute d'éléments de l'éolienne (70,1 m)
- Chute de glace (70,1 m)
- Effondrement de l'éolienne (199,9 m)
- Projection de glace (403,6 m)
- Projection de pales ou de fragments de pales (500 m)

0 100 200

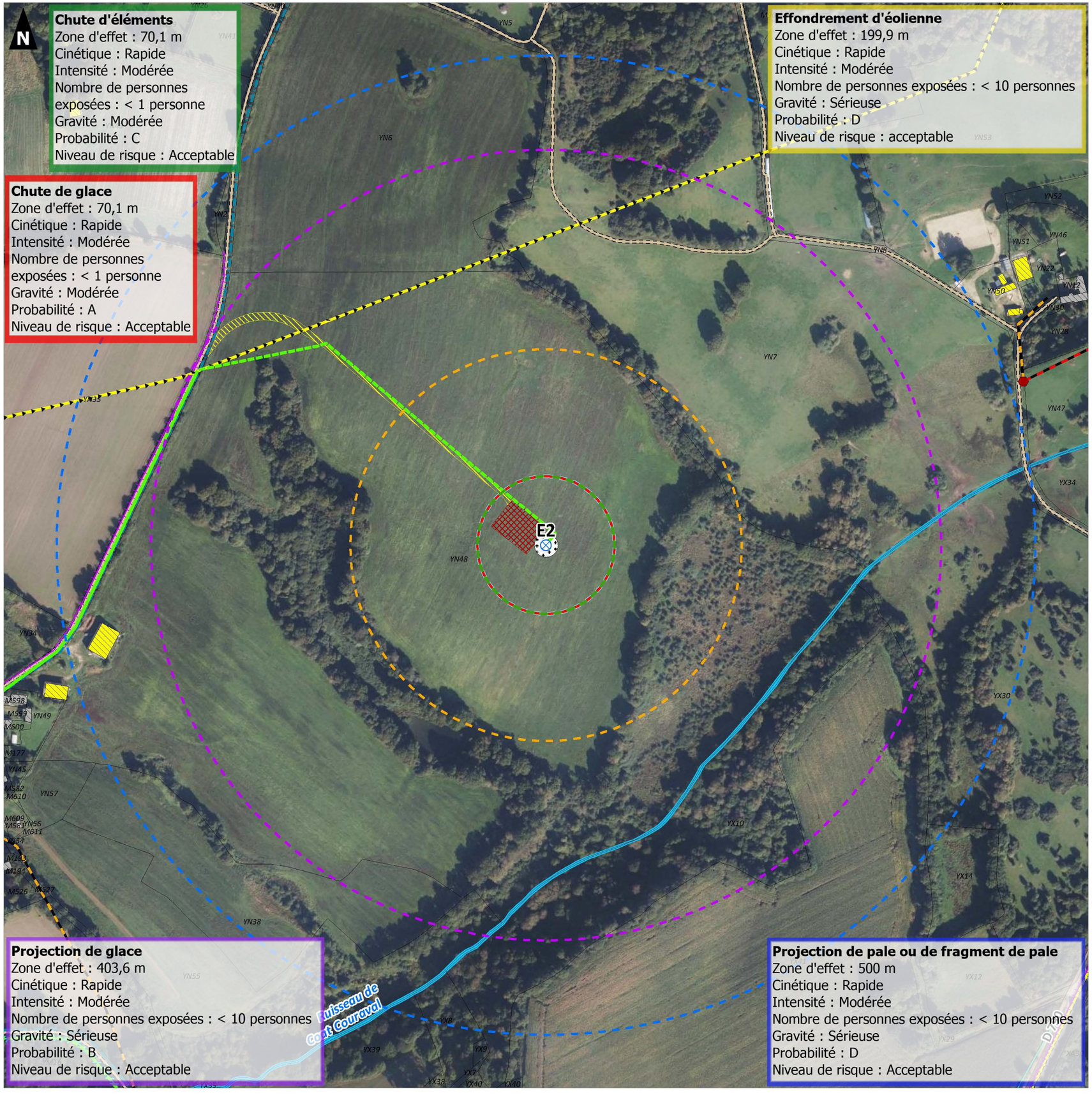
Mètres

**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)


Réalisation : AUDDICE, décembre 2023
Sources de fond de carte : IGN SCAN 25 et BD ORTHO, 2021
Sources de données : IGN ADMIN EXPRESS - OMS - CADASTRE - ENEDIS - ARVRO ENERGIES - AUDDICE, 2023


auddicé

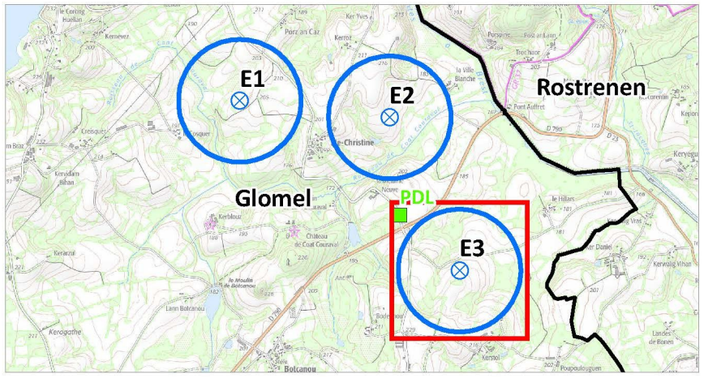


Milin Ar C'hanol Energies

# Projet éolien Milin Ar C'hanol (22)

## Étude d'Impact sur l'Environnement

## Carte des risques
## - Eolienne E3 -




**Aire d'étude**

Aire d'étude (500 m)

**Projet**

Eolienne projetée
Aire de survol
Raccordement électrique interne
Poste de livraison
Fondation
Plateforme à créer
Accès à créer

**Limites administratives**

Limite cadastrale
Limite communale

**Enjeux**

*Réseau routier*

Route départementale
Voie communale et chemin

*Réseaux d'électricité*

Ligne électrique aérienne HTA
Ligne électrique aérienne BT
Ligne électrique souterraine HTA
Ligne électrique souterraine BT
Poste électrique HTA/BT

*Autres réseaux*

Réseau fibre Bretagne TDH
Réseau aérien Orange
Réseau souterrain Orange
Eau potable
Gazoduc GRTgaz

*Réseau hydrographique*

Cours d'eau

*Zones urbanisées*

Bâtiment agricole
Autre bâti

**Périmètres de zones d'effet des scénarios**

Chute d'éléments de l'éolienne (70,1 m)
Chute de glace (70,1 m)
Effondrement de l'éolienne (199,9 m)
Projection de glace (403,6 m)
Projection de pales ou de fragments de pales (500 m)

0 100 200

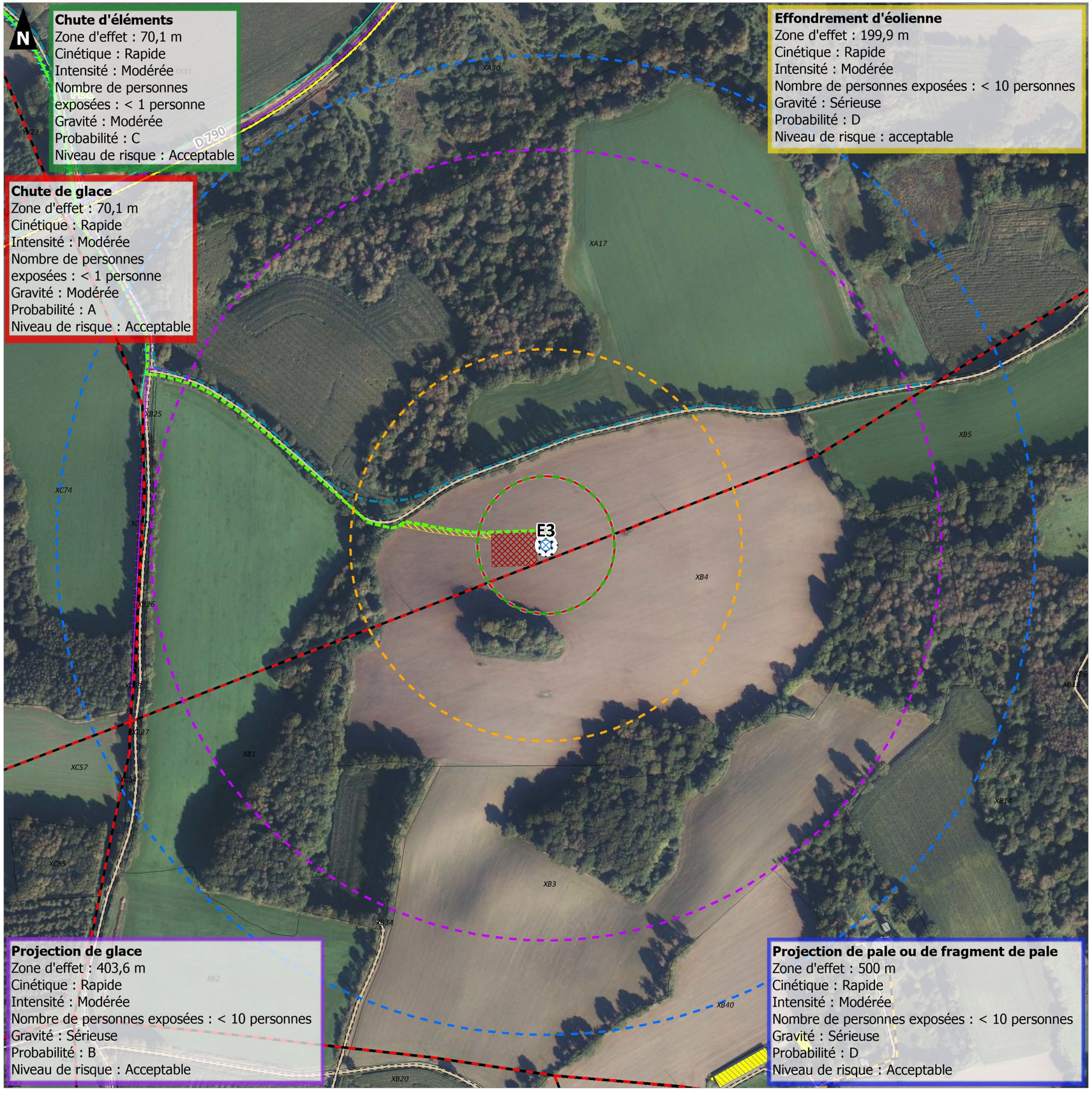
Mètres

**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)


Réalisation : AUDDICE, décembre 2023
Sources de fond de carte : IGN SCAN 25 et BD ORTHO, 2021
Sources de données : IGN ADMIN EXPRESS - OMS - CADASTRE - ENEDIS - ARVRO ENERGIES - AUDDICE, 2023


auddicé




**Chute d'éléments**
Zone d'effet : 70,1 m
Cinétique : Rapide
Intensité : Modérée
Nombre de personnes exposées : < 1 personne
Gravité : Modérée
Probabilité : C
Niveau de risque : Acceptable

**Chute de glace**
Zone d'effet : 70,1 m
Cinétique : Rapide
Intensité : Modérée
Nombre de personnes exposées : < 1 personne
Gravité : Modérée
Probabilité : A
Niveau de risque : Acceptable

**Effondrement d'éolienne**
Zone d'effet : 199,9 m
Cinétique : Rapide
Intensité : Modérée
Nombre de personnes exposées : < 10 personnes
Gravité : Sérieuse
Probabilité : D
Niveau de risque : acceptable

**Projection de glace**
Zone d'effet : 403,6 m
Cinétique : Rapide
Intensité : Modérée
Nombre de personnes exposées : < 10 personnes
Gravité : Sérieuse
Probabilité : B
Niveau de risque : Acceptable

**Projection de pale ou de fragment de pale**
Zone d'effet : 500 m
Cinétique : Rapide
Intensité : Modérée
Nombre de personnes exposées : < 10 personnes
Gravité : Sérieuse
Probabilité : D
Niveau de risque : Acceptable

# CHAPITRE 9. CONCLUSION

Après la description de l'installation et de son environnement, il ressort que les potentiels de dangers d'un parc éolien sont relatifs :

- à des causes externes :
  - Présence d'ouvrages (voies de communications, réseaux) ;
  - Risques naturels (vents violents, foudre, mouvements de terrains, tremblements de terres, inondations) ;
- à des causes internes liées au fonctionnement des machines et aux produits utilisés :
  - Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, pale, etc.) ;
  - Projection d'éléments (morceaux de pale, morceaux de glace, etc.) ;
  - Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
  - Echauffement de pièces mécaniques ;
  - Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Une analyse préliminaire des risques a été réalisée, basée d'une part sur l'accidentologie permettant d'identifier les accidents les plus courants et basée d'autre part sur une identification des scénarios d'accidents.

Pour chaque scénario d'accident, l'étude a procédé à une analyse systématique des mesures de maîtrise des risques.

Cinq catégories de scénarios sont ressorties de l'analyse préliminaire et font l'objet d'une étude détaillée des risques :

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

Ces scénarios regroupent plusieurs causes et séquences d'accident. Une cotation en intensité, probabilité, gravité et cinétique de ces événements permet de caractériser les risques pour toutes les séquences d'accidents.

Une recherche d'enjeux humains vulnérables a été réalisée dans chaque périmètre d'effet des cinq scénarios d'accident, permettant de repérer les interactions possibles entre les risques et les enjeux.

La cotation en gravité et probabilité pour chacune des éoliennes permet de classer le risque de chaque scénario selon la grille de criticité employée et inspirée de la circulaire du 10 mai 2010.

**Après analyse détaillée des risques, selon la méthodologie de la circulaire du 10 mai 2010, il apparaît que tous les scénarios étudiés sont acceptables.**

L'exploitant a mis en œuvre des mesures adaptées pour maîtriser les risques :

- l'implantation permet d'assurer un éloignement suffisant des zones fréquentées,
- l'exploitant respecte les prescriptions générales de l'arrêté du 26 août 2011 modifié,
- les systèmes de sécurité des aérogénérateurs sont adaptés aux risques.

Les systèmes de sécurité des aérogénérateurs seront maintenus dans le temps et testés régulièrement en conformité avec la section 4 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.

**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 actuelles.**

# ANNEXES

# Annexe 1 : Bibliographie

[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 ;

Arrêté du 22 juin 2020 portant modification des prescriptions relatives aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement ;

Arrêté du 10 décembre 2021 portant modification des prescriptions relatives aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement ;

[10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;

[11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003 ;

[12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne ;

[13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;

[14] Alpine test site Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin etal. ;

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

[16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtrois J.-P. - juillet 2004 ;

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

[18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005.

# Annexe 2 : Analyse de conformité à l'arrêté du 26 août 2011 modifié

| Art. | Arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 et l'arrêté du 10 décembre 2021 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 | C/ NC | Eléments de justification | N° annexe | Commentaires |
|---|---|---|---|---|---|
| **Section 3 Dispositions constructives** | | | | | |
| **3** | L'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de :<br>500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 ;<br>300 mètres d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour l'environnement relevant de l'article L. 515-32 du code de l'environnement.<br>Cette distance est mesurée à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur. | C | Ces prescriptions sont respectées | | |
| **7** | Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours. | C | Voir plans réglementaires | Dossier 8- | Les chemins autour des éoliennes sont renforcés pour permettre l'accès des camions en phase chantier. Les machines seront donc accessibles par les services de secours. |
| | Cet accès est entretenu.<br>Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté. | C | L'exploitant s'engage à respecter cette prescription | | |
| **8** | L'aérogénérateur est conçu pour garantir le maintien de son intégrité technique au cours de sa durée de vie. Le respect de la norme NF EN 61 400-1 ou IEC 61 400-1, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté, permet de répondre à cette exigence. | C | Certificat de conformité non encore disponible | | |
| | Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de chaque aérogénérateur de l'installation avant leur mise en service industrielle. | C | L'exploitant s'engage a respecter cette prescription | | |
| | En outre l'exploitant dispose des justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article<br>R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation. | C | L'exploitant s'engage a respecter cette prescription | | Les éoliennes sont soumises obligatoirement au contrôle technique réalisé par un organisme agréé. A l'issue de celui-ci, l'exploitant archivera les rapports de contrôle. |
| **9** | L'installation est mise à la terre pour prévenir les conséquences du risque foudre. | C | Le constructeur s'engage a respecter cette prescription | | |
| | Le respect de la norme IEC 61 400-24, dans sa version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, permet de répondre à cette exigence. | C | La protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4 | | Concerne la protection contre la foudre |
| | Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la mise à la terre de l'installation avant sa mise en service industrielle. | C | L'exploitant s'engage a respecter cette prescription | | |
| | Les opérations de maintenance incluent un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre. | C | Voir Etude de dangers, § 7.6. Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité | | |
| **10** | Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. | C | Le constructeur s'engage a respecter cette prescription | | Cela concerne la directive 2006/42/CE du parlement européen et du conseil du 17 mai 2006. |
| | Pour les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur, le respect des normes NF C 15-100, NF C 13-100 et NF C 13-200, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, permet de répondre à cette exigence. | C | Conformité vis-à-vis des normes vérifiée par un bureau de contrôle agréé qui délivre une attestation de conformité indispensable pour obtenir le Consuel lui même exigé par ERDF avant toute mise sous tension. Le constructeur remet à la société MILIN AR C'HANOL ENERGIES un certificat de conformité aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13- 200 (version de 2009). | | Cela concerne le poste de livraison. |
| | Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. | C | Voir Etude de dangers, § 7.6. Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité | | Cela concerne l'arrêté du 10 octobre 2000 fixant la périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques au titre de la protection des travailleurs |
| | Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de l'installation pour prévenir les risques électriques, avant sa mise en service industrielle. | C | L'exploitant s'engage à respecter cette prescription | | |
| **11** | Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile. | C | Le constructeur s'engage a respecter cette prescription | | |
| **Section 4 Exploitation** | | | | | |
| **13** | Les personnes étrangères à l'installation n'ont pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs.<br>Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements. | C | Les ouvrages sont fermés à clef et l'exploitant s'engage a respecter cette prescription | | |
| **14** | Chaque aérogénérateur est identifié par un numéro, affiché en caractères lisibles sur son mât. Le numéro est identique à celui généré à l'issue de la déclaration prévue à l'article 2.2. | C | L'exploitant s'engage à respecter cette prescription | | |
| | Les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :<br>– les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;<br>– l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;<br>– la mise en garde face aux risques d'électrocution ;<br>– la mise en garde, le cas échéant, face au risque de chute de glace. | C | Voir Etude de dangers, § 7.6. Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité | | |
| **15** | Le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques accidentels visés à la section 5 du présent arrêté, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.<br>La réalisation des exercices d'entrainement, les conditions de réalisations de ceux-ci, et le cas échéant les accidents/ incidents survenus dans l'installation, sont consignés dans un registre. Le registre contient également l'analyse de retour d'expérience réalisée par l'exploitant et les mesures correctives mises en place. | C | Voir Etude de dangers, § 7.6. Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité | | |
| **16** | L'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit. | C | Voir § 4.2.5 de l'étude de dangers | | |

| Art. | Arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 et l'arrêté du 10 décembre 2021 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 | C/ NC | Eléments de justification | N° annexe | Commentaires |
|---|---|---|---|---|---|
| 17 | Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalise des essais permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre l'aérogénérateur en sécurité. Ces essais comprennent :<br>- un arrêt ;<br>- un arrêt d'urgence ;<br>- un arrêt depuis un régime de survitesse ou depuis une simulation de ce régime. | C | Voir Etude de dangers, § 7.6. Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité | | |
| | Suivant une périodicité qui ne peut excéder 1 an, l'exploitant réalise 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 sont consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19.<br>Avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs et des équipements connexes, les installations électriques visées à l'article 10 sont contrôlées par une personne compétente.<br>Par ailleurs elles sont entretenues, elles sont maintenues en bon état et elles sont contrôlées 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. | C | Voir Etude de dangers, § 4.2.4 Opérations de maintenance de l'installation | | |
| 18 | Trois mois, puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède 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 peut être lissé sur trois ans tant que chaque bride respecte la périodicité de trois ans. | C | Voir Etude de dangers, § 7.6. Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité | | |
| | Selon une périodicité définie en fonction des conditions météorologiques et qui ne peut excéder 6 mois, l'exploitant procède 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.<br>L'installation est 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.<br>L'exploitant tient 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.<br>Selon une fréquence qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède au contrôle de ces équipements de sécurité afin de s'assurer de leur bon fonctionnent. | C | Voir Etude de dangers, § 4.2.4 Opérations de maintenance de l'installation | | |
| | La liste des équipements de sécurité ainsi que les résultats de l'ensemble des contrôles prévus par le présent article sont consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19. | C | L'exploitant s'engage a respecter cette prescription | | |
| 19 | L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations de maintenance qui doivent 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.<br>L'exploitant tient à jour, pour son installation, un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance qui ont été effectuées, leur nature, les défaillances constatées et les opérations préventives et correctives engagées. | C | L'exploitant s'engage a respecter cette prescription | | |

| Art. | Arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 et l'arrêté du 10 décembre 2021 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 | C/ NC | Eléments de justification | N° annexe | Commentaires |
|---|---|---|---|---|---|
| **Section 5 Risques** | | | | | |
| 22 | Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiquent :<br>- les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ;<br>- 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) ;<br>- les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;<br>- les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours ;<br>- 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). | C | Les consignes de sécurité du constructeur seront transmises aux équipes d'exploitation de la société MILIN AR C'HANOL ENERGIES. | | |
| | Les consignes de sécurité indiquent 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. | C | Voir Etude de dangers, § 7.6. Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité | | |
| 23 | 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 :<br>- 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 ;<br>- de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. | C | Voir Etude de dangers, § 7.6. Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité | | |
| 24 | Chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte et de prévention contre les conséquences d'un incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, composé a minima de deux extincteurs placés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils sont positionnés de façon bien visible et facilement accessibles.. | C | Voir Etude de dangers, § 7.6. Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité | | |
| | Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Cette disposition ne s'applique pas aux aérogénérateurs ne disposant pas d'accès à l'intérieur du mât. | C | Voir Etude de dangers, § 7.6. Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité | | |
| 25 | Chaque aérogénérateur est 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 est mis à l'arrêt dans un délai maximal de 60 minutes. | C | Voir Etude de dangers, § 7.6. Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité | | |
| | L'exploitant définit 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 figure parmi les consignes de sécurité mentionnées à l'article 22. | C | Voir Etude de dangers, § 7.6. Mise en place des mesures de sécurité / Tableaux des fonctions de sécurité | | |
| | Lorsqu'un référentiel technique permettant de déterminer l'importance de glace formée nécessitant l'arrêt de l'aérogénérateur est reconnu par le ministre des installations classées, l'exploitant respecte les règles prévues par ce référentiel. | / | | | Aucun référentiel technique existe à ce jour. Seul le guide technique INERIS/SER traite du risque de formation de glace. |
| | Cet article n'est pas applicable aux installations implantées dans les départements où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C. | / | | | |

Tableau 37 : Analyse de conformité à l'arrêté du 26 août 2011 modifié

# Annexe 3 : Annexes au guide technique INERIS et compléments à l'accidentologie

*Cf. pages suivantes*

# ANNEXE A – MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ POTENTIELLE D'UN ACCIDENT À PROXIMITÉ D'UNE ÉOLIENNE

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

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

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

## *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.

## *Voies de circulation*

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

### Voies de circulation automobiles

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

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





**Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic**

| Trafic (en véhicules/jour) \ Linéaire de route compris dans la zone d'effet (en m) | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 000 | 0,8 | 1,6 | 2,4 | 3,2 | 4 | 4,8 | 5,6 | 6,4 | 7,2 | 8 |
| 3 000 | 1,2 | 2,4 | 3,6 | 4,8 | 6 | 7,2 | 8,4 | 9,6 | 10,8 | 12 |
| 4 000 | 1,6 | 3,2 | 4,8 | 6,4 | 8 | 9,6 | 11,2 | 12,8 | 14,4 | 16 |
| 5 000 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| 7 500 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 |
| 10 000 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 |
| 20 000 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 | 80 |
| 30 000 | 12 | 24 | 36 | 48 | 60 | 72 | 84 | 96 | 108 | 120 |
| 40 000 | 16 | 32 | 48 | 64 | 80 | 96 | 112 | 128 | 144 | 160 |
| 50 000 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 |
| 60 000 | 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | 144 | 168 | 192 | 216 | 240 |
| 70 000 | 28 | 56 | 84 | 112 | 140 | 168 | 196 | 224 | 252 | 280 |
| 80 000 | 32 | 64 | 96 | 128 | 160 | 192 | 224 | 256 | 288 | 320 |
| 90 000 | 36 | 72 | 108 | 144 | 180 | 216 | 252 | 288 | 324 | 360 |
| 100 000 | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 | 240 | 280 | 320 | 360 | 400 |

### Voies ferroviaires

Train de voyageurs : compter 1 train équivalent à 100 véhicules (soit 0,4 personne exposée en permanence par kilomètre et par train), en comptant le nombre réel de trains circulant quotidiennement sur la voie.

### Voies navigables

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

### Chemins et voies 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.

## *Logements*

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

## *Etablissements recevant du public (ERP)*

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

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

– compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse et coiffeur) ;

– compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes et bureaux de poste.

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

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

### *Zones d'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 B – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2011. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI. de la trame type 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<br>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<br>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<br>Site Vent de Colère<br>Article de presse (Midi Libre) | - |

| 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 | 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<br>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<br>Rapport du CGM<br>Site Vent de Colère<br>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<br>Rapport du CGM<br>Site Vent de Colère<br>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<br>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<br>Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004) | Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant |
| Rupture de pale | 2004 | Escales-Conilhac | Aude | 0,75 | 2003 | Non | Bris de trois pales | | Site Vent de Colère | Information peu précise |
| Rupture de pale + incendie | 22/12/2004 | Montjoyer-Rochefort | Drôme | 0,75 | 2004 | Non | Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min) | Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage | Base de données ARIA<br>Article de presse (La Tribune du 30/12/2004)<br>Site Vent de Colère | - |





| 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 | 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<br>Articles de presse (Ouest France)<br>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<br>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<br>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.<br>Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation. | Article de presse (Le Télégramme) | - |

| 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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<br>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<br>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) |
| Rupture de pale | 08/06/2009 | Bolléne | Vaucluse | 2,3 | 2009 | Oui | Bout de pale d'une éolienne ouvert | Coup de foudre sur la pale | Interne exploitant | Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée) |





| Type d'accident | Date | Nom du parc | Département | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) de l'information | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Incendie | 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)<br>Communiqué de presse exploitant<br>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<br>Site FED<br>Article de presse (Le Dauphiné) | - |
| Maintenance | 20/04/2010 | Toufflers | Nord | 0,15 | 1993 | Non | Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance | Crise cardiaque | Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010) | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Effondrement | 30/05/2010 | Port la Nouvelle | Aude | 0,2 | 1991 | Non | Effondrement d'une éolienne | Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entrainant la chute de l'ensemble. | Interne exploitant | - |
| Incendie | 19/09/2010 | Montjoyer-Rochefort | Drôme | 0,75 | 2004 | Non | Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles. | Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min | Articles de presse<br>Communiqué de presse SER-FEE | - |

| Type d'accident | Date | Nom du parc | Département | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) de l'information | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Maintenance | 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<br>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.<br>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)<br>Vidéo DailyMotion<br>Interne exploitant | - |





# ANNEXE C – SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

## *Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)*

### 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.

ⓘ Note : Si les enjeux principaux seront principalement humains, il conviendra d'évoquer les enjeux matériels, avec la présence éventuelle d'éléments internes au parc éolien (poste de livraisons, sous-stations), ou extérieurs sous le surplomb de la machine.

### Scénario G02

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrage de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement simultanément à une défaillance des systèmes de détection de givre et de balourd.

Aux faibles vitesses de vents (vitesse de démarrage ou « cut in »), les projections resteront limitées au surplomb de l'éolienne. A vitesse de rotation nominale, les éventuelles projections seront susceptibles d'atteindre des distances supérieures au surplomb de la machine.

## *Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## *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, …).

### Scénario F01

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant ..., il peut y avoir une fuite d'huile ou de graisse ... alors que l'éolienne est en fonctionnement. Les produits peuvent alors s'écouler hors de la nacelle, couler le long du mât et s'infiltrer dans le sol environnant l'éolienne.





Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher l'écoulement de ces produits dangereux :

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance
- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence

Deux événements peuvent être aggravants :

- Ecoulement de ces produits le long des pales de l'éolienne, surtout si celle-ci est en fonctionnement. Les produits seront alors projetés aux alentours.
- Présence d'une forte pluie qui dispersa rapidement les produits dans le sol.

### Scénario F02

Lors d'une maintenance, les opérateurs peuvent accidentellement renverser un bidon d'huile, une bouteille de solvant, un sac de graisse … Ces produits dangereux pour l'environnement peuvent s'échapper de l'éolienne ou être renversés hors de cette dernière et infiltrer les sols environnants.

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher le renversement et l'écoulement de ces produits :

- Kits anti-pollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence
- Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

Evénement aggravant : fortes pluies qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

## *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.

## *Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)*

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

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

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

L'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

### 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.

### 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

### Scénarios P03

Un mauvais serrage de base ou le desserrage avec le temps des goujons des pales pourrait amener au décrochage total ou partiel de la pale, dans le cas de pale en plusieurs tronçons.

## *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 D – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

Le risque individuel encouru par un nouvel arrivant dans la zone d'effet d'un phénomène de projection ou de chute est appréhendé en utilisant la probabilité de l'atteinte par l'élément chutant ou projeté de la zone fréquentée par le nouvel arrivant. Cette probabilité est appelée probabilité d'accident.

Cette probabilité d'accident est le produit de plusieurs probabilités :

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

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

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

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

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

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

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

Le tableau ci-dessous récapitule les probabilités d'atteinte en fonction de l'événement redouté central.

| Evènement redouté central | Borne supérieure de la classe de probabilité de l'ERC (pour les éoliennes récentes) | Degré d'exposition | Probabilité d'atteinte |
|---|---|---|---|
| Effondrement | $10^{-4}$ | $10^{-2}$ | $10^{-6}$ (E) |
| Chute de glace | 1 | $5*10^{-2}$ | $5\ 10^{-2}$ (A) |
| Chute d'éléments | $10^{-3}$ | $1,8*10^{-2}$ | $1,8\ 10^{-5}$ (D) |
| Projection de tout ou partie de pale | $10^{-4}$ | $10^{-2}$ | $10^{-6}$ (E) |
| Projection de morceaux de glace | $10^{-2}$ | $1,8*10^{-6}$ | $1,8\ 10^{-8}$ (E) |

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

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

# ANNEXE 5 –GLOSSAIRE

Les définitions ci-dessous sont reprises de la circulaire du 10 mai 2010. Ces définitions sont couramment utilisées dans le domaine de l'évaluation des risques en France.

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

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

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

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

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

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

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

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





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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux

sont effectivement exposées, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;

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

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

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

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

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

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

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

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





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

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

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

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

**ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

**SER** : Syndicat des Energies Renouvelables

**FEE** : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

**INERIS** : Institut National de l'EnviRonnement Industriel et des RisqueS

**EDD** : Etude de dangers

**APR** : Analyse Préliminaire des Risques

**ERP** : Etablissement Recevant du Public

**Compléments à l'accidentologie de parcs éoliens en France**

**(mis à jour fin 2022)**

| Type d'accident | Date | Commune | Département | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source de l'information |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Rupture de pale | 15/05/2012 | Fresnay-L'Eveque | Eure-et-Loir | Chute d'une pale de 9 tonnes et rupture du roulement raccordant la pale au hub | Traces de corrosion dans les trous d'alésage traversant une des bagues du roulement | ARIA (n°42919) |
| Effondrement de la tour | 30/05/2012 | Port la Nouvelle | Aude | Effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut | Rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit | ARIA (n°43110) |
| Projection d'un élément de la pale | 01/11/2012 | Vieillespesse | Cantal | Projection d'un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne à 70 m du mât | | ARIA (n°43120) |
| Incendie | 05/11/2012 | Sigean | Aude | Projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante | Câbles électriques non résistants au feu à l'intérieur du mât | ARIA (n°43228) |
| Incendie | 17/03/2013 | Euvy | Marne | Feu dans la nacelle d'une éolienne. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. | Défaillance électrique | ARIA (n°43630) |
| Incendie | 09/01/2014 | Antheny | Ardennes | Feu se déclarant vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne. | Incident électrique | ARIA (n°44831) |
| Rupture de pale | 20/01/2014 | - | Aude | Chute de pale liées à la rupture d'une pièce à la base de la pale | Usure prématurée | ARIA (n°44870) |
| Rupture de pale | 14/11/2014 | Saint-Cirgues en-Montagne | Ardèche | Chute d'une pale un jour d'orage ou les vents atteignent 130km/h | | ARIA (n°45960) |
| Projection d'un élément de la pale | 05/12/2014 | Fitou | Aude | Lors d'une inspection, des techniciens de maintenance constatent le détachement de l'extrémité d'une pale | Défaillance matérielle ou à un décollage sur les plaques en fibre de verre | ARIA (n°46030) |
| Incendie | 24/08/2015 | Santilly | Eure-et-Loir | Le moteur d'une éolienne a pris feu | | Article de presse (la République du Centre 24/08/2015) |
| Chute d'élément | 10/11/2015 | Ménil-la-Horgne | Meuse | Chute des trois pales et du rotor d'une éolienne | | Article de presse (L'Est républicain 13/11/2015) |
| Rupture de pale | 07/02/2016 | Conilhac-Corbières | Aude | Chute de l'aérofrein d'une des pales | Rupture du point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein | ARIA (n°47675) |
| Chute de pale et projection de pale | 08/02/2016 | Dineault | Finistère | Une pale chute au sol, un autre se déchire et est retrouvé à 40m du pied du mât | | ARIA (n°47680) |
| Chute de pale | 07/03/2016 | Calanhel | Côtes-d'Armor | Rupture et chute de la pale à 5m du mât. | Rupture du système d'orientation | ARIA (n°47763) |
| Chute de pale | 12/01/2017 | Tuchan | Aude | Trois pales chutent au sol | Défaillance matérielle | ARIA (n°49104) |
| Chute de pale | 18/01/2017 | Nurlu | Somme | Décrochage et chute d'une partie de pale | Tempête ? | ARIA (n°49151) |
| Rupture de pale | 27/02/2017 | Lavallée | Meuse | La pointe d'une pale d'éolienne s'est rompue pendant un orage | Rafale de vent | ARIA (n°49359) |
| Rupture de pale | 27/02/2017 | Trayes | Deux-Sèvres | Fragments de pale projetés | Défaillance matérielle | ARIA (n°49374) |
| Incendie | 06/06/2017 | Allonnes | Eure-et-Loir | Incendie du moteur de l'éolienne | | ARIA n°49746 |
| Chute de pale | 08/06/2017 | Aussac-Vadalle | Charente | | Foudre | ARIA (n°49768) |
| Chute de pale | 24/06/2017 | Conchy-sur-Canche | Pas-de-Calais | Une pale de l'éolienne brise au niveau de sa jonction avec le rotor. | | ARIA (n°49902) |
| Chute d'éléments | 17/07/2017 | Fécamp | Seine-Maritime | Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne | Défaillance matérielle ou humaine | ARIA (n°50291) |
| Chute de pale | 03/08/2017 | Priez | Aisne | Rupture d'une partie de la pale d'éolienne | | ARIA (n°50148) |
| Chute d'éléments | 08/11/2017 | Roman | Eure | Le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol | Défaillance de l'installation | ARIA (n°50694) |
| Effondrement de l'éolienne | 01/01/2018 | Bouin | Vendée | Effondrement de l'éolienne | Tempête | ARIA (n°50913) |
| Chute de pale | 04/01/2018 | Nixeville-Blercourt | Meuse | Chute d'une pale d'éolienne | Episode venteux | ARIA (n°50905) |
| Chute d'éléments | 06/02/2018 | Conilhac-Corbières | Aude | L'aérofrein d'une pale d'éolienne a chuté au sol | Défaut sur l'électronique de puissance | ARIA (n°51122) |
| Incendie | 01/06/2018 | Marsanne | Drôme | Incendie | Incendie criminel | Communiqué de presse (RES, 01/06/2018) ARIA (n°51675) |
| Incendie | 05/06/2018 | Aumelas | Hérault | Incendie de la nacelle et chute d'éléments au sol | Incendie électrique | ARIA (n°51681) |
| Chute de pale | 04/07/2018 | Port-la-Nouvelle | Aude | Dislocation de deux pales d'une éolienne | | ARIA (n°51853) |

| Type d'accident | Date | Commune | Département | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source de l'information |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Incendie | 03/08/2018 | Parc des Monts de l'Ain | Ain | Incendie | Incendie criminel | France 3 Auvergne-Rhône-Alpes (03/08/2018) |
| Incendie | 28/09/2018 | Sauveterre | Tarn | Incendie | Incendie criminel | ARIA (n°52641) |
| Effondrement de l'éolienne | 06/11/2018 | Guigneville | Loiret | Effondrement de l'éolienne | Effondrement de l'éolienne | ARIA (n°52558) |
| Chute d'éléments | 18/11/2018 | Conilhac-Corbières | Aude | Les 3 aérofreins d'une pale d'éolienne a chuté au sol | L'éolienne s'est arrêtée à la suite de l'ouverture de la chaîne de sécurité | ARIA (n°52653) |
| Rupture de pale | 19/11/2018 | Ollezy | Aisne | Chute d'un morceau de pale | Défaut de fabrication | ARIA (n°52638) |
| Chute d'éléments | 03/01/2019 | La Limouzinière | Loire-Atlantique | Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne de 78 m de haut, avec débris au sol et huile enflammée au sol. | Un phénomène harmonique à la fréquence de rotation de la génératrice | ARIA (n°52838) |
| Incendie | 20/01/2019 | Roussas | Drôme | | | ARIA (n°52993) |
| Effondrement d'une éolienne | 23/01/2019 | Campeaux, Boutavent | Oise | Mât de l'éolienne plié en 2 probablement dû à un problème sur le générateur | Effondrement de l'éolienne | ARIA (n°53010) |
| Chute d'une pale | 30/01/2019 | Roquetaillade Conilhac-de-la-Montagne | Aude | La pale d'un aérogénérateur a chuté au sol. | Défaillance matérielle | ARIA (n°53139) |
| Chute d'un fragment de pale | 17/01/2019 | Bambiderstroff Longeville-lès-Saint-Avold | Moselle | Bris et projection de plusieurs morceaux de pale | Défaillance matérielle | ARIA (n°52967) |
| Incendie | 18/06/2019 | Quesnoy-sur-Airaines | Somme | | | ARIA (n°53857) |
| Chute d'éléments | 25/06/2019 | Ambon | Morbihan | Suite à un incendie, des éléments chutent de l'éolienne | Maintenance | ARIA (n°53860) |
| Rupture de pale | 27/06/2019 | Charly-sur-Marne | Aisne | Projection d'un bout de pale abîmée lors de la mise à l'arrêt suite à une inspection | Défaillance | ARIA (n°53894) |
| Chute d'éléments | 04/09/2019 | Escales-Cornilhac | Aube | Arrêt brutal suivi de la chute de eux aérofreins | Inconnue | ARIA (n°54407) |
| Chute d'éléments | 28/11/2019 | Hangest-en-Nanterre | Somme | Le capot se situant à l'extrémité de la nacelle d'une éolienne se décroche et tombe au sol. | Inconnue | ARIA (n°54761) |
| Rupture de pale | 09/12/2019 | La Forêt de Tessé | Charente | Pale brisée en plusieurs morceaux | Inconnue | ARIA (n°54810) |
| Incendie | 17/12/2019 | Ambonville | Haute-Marne | | Défaillance électrique | ARIA (n°54820) |

| Type d'accident | Date | Commune | Département | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source de l'information |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Chute d'éléments | 22/01/2020 | Sainte-Seine-l'Abbaye | Côte d'Or | Glissement d'un jointe de pale | Défaillance matérielle | ARIA (n°55331) |
| Rupture de pale | 09/02/2020 | Beaurevoir | Aisne | Chute d'une pale lors de l'arrêt d'une machine pour maintenance | Tempête | ARIA (n°55055) |
| Chute d'éléments | 26/02/2020 | Theil-Rabier | Charente | Une pale d'éolienne se rompt et des fragments tombent au sol | Défaillance matérielle | ARIA (n°55311) |
| Incendie | 29/03/2020 | Boisbergues | Somme | Fuite d'huile | | ARIA (n°55133) |
| Incendie | 24/03/2020 | Flavin | Aveyron | | Inconnue | ARIA (n°55294) |
| Incendie | 20/04/2020 | Vauclin | Martinique | Incendie sur éolienne au sol en cours de démantèlement | Présence animale | ARIA (n°55456) |
| Rupture de pale | 30/04/2020 | Plouarzel | Finistère | Pliure d'une pale dont une partie chute au sol | Hypothèse d'une vitesse de vent supérieure à celle à l'origine du dimensionnement de l'éolienne | ARIA (n°55641) |
| Chute d'une pale d'éolienne | 27/06/2020 | Plemet | Côtes d'Armor | Chute au sol d'une pale complète | Perte d'adhérence entre les inserts métalliques de liaison du pied de la pale au moyeu du rotor | ARIA (n°55650) |
| Chute d'une pale d'éolienne | 12/01/2021 | Saint-Georges-sur-Arnon | Indre | Pale est en position verticale, déchirée depuis la base | Erreur de programmation du logiciel de commande des convertisseurs | ARIA (n°56597) |
| Rupture de pale | 12/02/2021 | Priez | Aisne | Casse d'une pale | Défaut de réparation | ARIA (n°56765) |
| Chute d'une pale d'éolienne | 13/02/2021 | Patay | Loiret | Arrachement de fibres de verre sur le bord de fuite de l'une des 3 pâles de la machine | Défaut de collage | ARIA (n°56753) |
| Rupture de pale(s) | 25/11/2022 | Plélan-le-Grand | Ille-et-Vilaine | Bris d'une pale à la suite d'un impact foudre | Foudre | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Incendie | 22/08/2022 | Coole | Marne | Incendie Eolienne | Non identifiée | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Incendie | 05/08/2022 | Bourbriac | Côtes-d'Armor | Incendie Eolienne | Origine électrique (partie haute ou moyenne tension en nacelle). | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Chute d'élément(s) | 11/07/2022 | Le Haut-Corlay | Côtes-d'Armor | Chute d'une trappe d'accès au hub | Fortes chaleurs (dilatation fibre du nose cone du hub) | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Incendie | 24/06/2022 | Mahalon | Finistère | Incendie d'origine électrique en pied de machine | Défaillance éléctrique | Base de données IRIS (SER/FEE) |

| Type d'accident | Date | Commune | Département | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source de l'information |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Chute de pale entière | 30/04/2022 | Conilhac-de-la-Montagne | Aude | Chute de pale | Défaillance matérielle (Rupture au niveau du moyeu) | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Incendie | 20/04/2022 | Saint-Germainmont | Ardennes | Incendie en nacelle | Non identifiée | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Chute d'élément(s) | 08/04/2022 | Saint-Paul-du-Bois | Maine-et-Loire | Chute plaque métallique depuis le moyeu | Défaut de fixation | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Chute d'élément(s) | 03/04/2022 | Lehaucourt | Aisne | Chute d'une pièce métallique depuis le hub | Défaut de fixation (le marche pied fixé dans le hub s'est désolidarisé) | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Rupture de pale(s) | 02/04/2022 | Saint-Félix-Lauragais | Haute-Garonne | Eclatement d'une pale | Non identifiée | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Incendie | 28/12/2021 | Treilles | Aude | Incendie électrique câble | Non identifiée | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Chute d'élément(s) de pale | 24/12/2021 | Fécamp | Seine-Maritime | Chute d'un aérofrein | Non identifiée | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Rupture de pale(s) | 03/12/2021 | La Souterraine | Creuse | Casse d'une pale d'une éolienne | Non identifiée | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Chute d'élément(s) | 30/11/2021 | Le Haut-Corlay | Côtes-d'Armor | Chute d'un carter de protection en fibre de verre du roulement principal de rotor | Non identifiée | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Rupture de pale(s) | 26/10/2021 | Charly-sur-Marne | Aisne | Bris de bout de pale | Impact de foudre et tempête Aurore | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Chute d'élément(s) de pale | 20/10/2021 | Azat-le-Ris | Haute-Vienne | Chute de serrations de pales | Défaut de fixation | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Rupture de pale(s) | 20/10/2021 | Auzay | Vendée | Accident bris de pale 1380443E01 | Non identifiée | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Chute d'élément(s) | 20/10/2021 | Coole | Marne | Chute d'une partie en fibre du Nose Cone | Non identifiée | Base de données IRIS (SER/FEE) |
| Chute d'élément(s) | 08/05/2021 | Remigny | Aisne | Chute des accumulateurs hydrauliques depuis le hub | Défaut de fixation | Base de données IRIS (SER/FEE) |