

# Projet de parc éolien “Branfeul”

Commune de la Noë-Blanche, département d’Ille-et-Vilaine (35)



**Dossier de Demande d’Autorisation Environnementale (DDAE)**

Pièce 6-A : Étude de dangers



**AEPE  
Gingko**

Atelier d’écologie paysagère  
& environnementale

7, rue de la Vilaine  
Saint-Mathurin-sur-Loire  
49 250 LOIRE-AUTHION

02 41 68 06 95  
[www.aepe-gingko.fr](http://www.aepe-gingko.fr)  
[contacts@aepe-gingko.fr](mailto:contacts@aepe-gingko.fr)

déposé en avril 2019 – complété pour recevabilité en novembre 2019



**P&T TECHNOLOGIE** SAS  
groupe energiequelle



## PIECES DU DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

L'architecture retenue pour les pièces du dossier de demande d'autorisation environnementale est la suivante :

- Pièce 1 : CERFA
- Pièce 2 : Sommaire inversé
- Pièce 3 : Note de présentation non technique
- Pièce 4 : Description de la demande d'autorisation environnementale
- Pièce 5-A : Étude d'impact
- Pièce 5-B : Résumé non technique de l'étude d'impact
- Pièce 5-C : Cahier de photomontages
- **Pièce 6-A : Étude de dangers**
- Pièce 6-B : Résumé non technique de l'étude de dangers
- Pièce 7 : Plan de situation et plans d'ensemble
- Pièce 8 : Accords et avis consultatifs

**Cette pièce constitue l'étude de dangers des installations du projet de parc éolien.**

## SOMMAIRE GENERAL

<b>I. PREAMBULE</b> .....	<b>6</b>	VII.1. L'OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES .....	37
I.1. LES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE DE DANGERS .....	6	VII.2. LE RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES .....	37
I.2. LE CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE.....	6	VII.3. LE RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES .....	37
I.3. LA NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES.....	7	VII.3.1. Les agressions externes liées aux activités humaines .....	37
I.4. LA DEMARCHE GENERALE DE L'ÉTUDE DE DANGERS.....	7	VII.3.2. Les agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	38
<b>II. LES INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION</b> .....	<b>8</b>	VII.4. LES SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE GENERIQUE DES RISQUES.....	38
II.1. LES RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS .....	8	VII.5. LES EFFETS DOMINOS .....	41
II.2. LA LOCALISATION DU SITE.....	8	VII.6. LA MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE.....	41
II.3. LA DEFINITION DE L'AIRES D'ÉTUDE .....	10	VII.7. LA CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES .....	45
<b>III. LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION</b> .....	<b>10</b>	<b>VIII. L'ÉTUDE DETAILLEE DES RISQUES</b> .....	<b>46</b>
III.1. L'ENVIRONNEMENT HUMAIN .....	10	VIII.1. RAPPEL DES DEFINITIONS .....	46
III.1.1. Les zones urbanisées .....	10	VIII.1.1. La cinétique .....	46
III.1.2. Les établissements recevant du public (ERP).....	11	VIII.1.2. L'intensité .....	46
III.1.3. Les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).....	11	VIII.1.3. La gravité.....	47
III.1.4. Les autres activités .....	12	VIII.1.4. La probabilité .....	47
III.2. L'ENVIRONNEMENT NATUREL.....	13	VIII.2. LA CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS .....	48
III.2.1. Le contexte climatique .....	13	VIII.2.1. L'effondrement d'une éolienne .....	48
III.2.2. Les risques naturels .....	14	VIII.2.2. La chute de glace.....	50
III.3. L'ENVIRONNEMENT MATERIEL.....	17	VIII.2.3. la chute d'éléments d'une éolienne.....	52
III.3.1. Les voies de communication.....	17	VIII.2.4. La projection de pales ou de fragments de pales .....	54
III.3.2. Les réseaux publics et privés.....	17	VIII.2.5. La projection de glace .....	56
III.4. LA SYNTHÈSE DES ENJEUX .....	18	VIII.3. LA SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	58
<b>IV. LA DESCRIPTION DE L'INSTALLATION</b> .....	<b>21</b>	VIII.3.1. Le tableau de synthèse des scénarios étudiés .....	58
IV.1. LES CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION.....	21	VIII.3.2. L'acceptabilité des risques.....	58
IV.1.1. Les caractéristiques générales d'un parc éolien.....	21	VIII.3.3. La cartographie de synthèse des risques.....	59
IV.1.2. Les éléments constitutifs d'un aérogénérateur.....	21	VIII.4. LES MESURES DE MAITRISE DES RISQUES.....	61
IV.1.3. La composition de l'installation .....	22	VIII.5. LES MOYENS DE SECOURS ET D'INTERVENTION .....	61
IV.2. LE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION .....	26	VIII.5.1. Les moyens internes .....	61
IV.2.1. Le principe de fonctionnement de l'éolienne .....	26	VIII.5.2. Les moyens externes.....	61
IV.2.2. La sécurité de l'installation .....	27	VIII.5.3. le traitement de l'alerte.....	61
IV.2.3. Les opérations de maintenance de l'installation.....	29	<b>IX. LA CONCLUSION DE L'ÉTUDE DE DANGERS</b> .....	<b>62</b>
IV.2.4. Le stockage et les flux de produits dangereux .....	29	<b>X. LES ANNEXES</b> .....	<b>63</b>
IV.2.5. Le fonctionnement des réseaux de l'installation.....	29	<b>ANNEXE 1 - LA METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE (EDD)</b> .....	<b>64</b>
<b>V. L'IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION</b> .....	<b>30</b>	<b>ANNEXE 2 - L'ACCIDENTOLOGIE</b> .....	<b>65</b>
V.1. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS.....	30	<b>ANNEXE 3 - LE RECENSEMENT ARIA DES ACCIDENTS LIES AUX PARC EOLIENS SURVENUS EN REGION BRETAGNE</b> .....	<b>72</b>
V.2. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX DECHETS .....	31	<b>ANNEXE 4 - LES SCENARIOS GENERIQUES D'ACCIDENTS POSSIBLES</b> .....	<b>74</b>
V.3. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION .....	32	<b>ANNEXE 5 - LA PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL</b> .....	<b>77</b>
V.4. LA REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE .....	32	<b>ANNEXE 6 - LE GLOSSAIRE DES MOTS UTILISES DANS L'ÉTUDE DE DANGERS</b> .....	<b>77</b>
V.4.1. Les principales actions préventives .....	32	<b>ANNEXE 7 - LA BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES</b> .....	<b>79</b>
V.4.2. La réduction des dangers liés aux produits .....	32		
V.4.3. L'utilisation des meilleures techniques disponibles.....	32		
<b>VI. L'ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE</b> .....	<b>33</b>		
VI.1. L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE .....	33		
VI.2. L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL.....	34		
VI.3. LA SYNTHÈSE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE.....	35		
VI.3.1. L'analyse de l'évolution des accidents en France.....	35		
VI.3.2. L'analyse des typologies d'accidents les plus fréquents.....	36		
VI.3.3. Les accidents/Incidents survenus en région Bretagne .....	36		
VI.4. LES LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE .....	36		
<b>VII. L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES</b> .....	<b>37</b>		

## LISTE DES CARTES

CARTE 1 : LA LOCALISATION DU PROJET.....	9
CARTE 2 : LE PERIMETRE DE L'ÉTUDE DE DANGERS.....	10
CARTE 3 : LA DISTANCE AUX HABITATIONS LES PLUS PROCHES.....	11
CARTE 4 : L'ENVIRONNEMENT HUMAIN.....	12
CARTE 5 : DENSITE DE FOUDROIEMENT ANNUEL AU KM <sup>2</sup> EN FRANCE (SOURCE METEORAGE).....	13
CARTE 6 : ZONAGE SISMIQUE DE LA FRANCE.....	14
CARTE 7 : L'ENVIRONNEMENT NATUREL.....	16
CARTE 8 : L'ENVIRONNEMENT MATERIEL.....	18
CARTE 9 : LA SYNTHESE DES ENJEUX DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS.....	19
CARTE 10 : LES TYPES DE TERRAIN DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS.....	19
CARTE 11 : LES TYPES DE TERRAIN DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS.....	20
CARTE 12 : LES TYPES DE TERRAIN DE L'AIRE D'ÉTUDE DE DANGERS.....	20
CARTE 13 : LE PLAN DETAILLE DE L'INSTALLATION SUR SCAN 25.....	24
CARTE 14 : LE PLAN DETAILLE DE L'INSTALLATION SUR PHOTO-AERIENNE.....	25
CARTE 15 : LA ZONE D'EFFET DU RISQUE D'EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE.....	48
CARTE 16 : LA ZONE D'EFFET DU RISQUE DE CHUTE DE GLACE.....	51
CARTE 17 : LA ZONE D'EFFET DU RISQUE DE CHUTE D'ELEMENTS.....	52
CARTE 18 : LA ZONE D'EFFET DU RISQUE DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE.....	54
CARTE 19 : LA ZONE D'EFFET DES RISQUES DE PROJECTION DE GLACE.....	56
CARTE 20 : LES NIVEAUX DE RISQUES EVALUES POUR LE PARC EOLIEN.....	59
CARTE 21 : LES ZONES D'EFFETS DES DIFFERENTS RISQUES ETUDIES POUR L'EOLIENNE E1.....	59
CARTE 22 : LES ZONES D'EFFETS DES DIFFERENTS RISQUES ETUDIES POUR L'EOLIENNE E2.....	60
CARTE 23 : LES ZONES D'EFFETS DES DIFFERENTS RISQUES ETUDIES POUR L'EOLIENNE E3.....	60

## LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : LA DEMARCHE GENERALE DE L'ÉTUDE DE DANGERS.....	7
FIGURE 2 : DISTRIBUTION DE LA DIRECTION DU VENT SUR UNE ANNEE SUR LA STATION DE RENNES (EN %) (WINDFINDER).....	14
FIGURE 3 : LE SCHEMA SIMPLIFIE D'UN AEROGENERATEUR (NORDEX).....	21
FIGURE 4 : ILLUSTRATION DES EMPRISES AU SOL D'UNE EOLIENNE.....	22
FIGURE 5 : LES DIMENSIONS DU GABARIT D'EOLIENNE ENVISAGE.....	22
FIGURE 6 : PLANNING TYPE DE MAINTENANCE PREVENTIVE.....	29
FIGURE 7 : LE SCHEMA DE RACCORDEMENT ELECTRIQUE D'UN PARC EOLIEN.....	29
FIGURE 8 : LES CAUSES PREMIERES DES ACCIDENTS D'AEROGENERATEURS EN FRANCE (SOURCE FEE).....	34
FIGURE 9 : LES CAUSES DES ACCIDENTS D'AEROGENERATEURS DANS LE MONDE (SOURCE FEE).....	34
FIGURE 10 : LES CAUSES PREMIERES DES ACCIDENTS D'AEROGENERATEURS DANS LE MONDE (SOURCE : FEE).....	35
FIGURE 11 : L'ÉVOLUTION DU NOMBRE D'ACCIDENTS ANNUELS EN FRANCE ET NOMBRE D'EOLIENNES INSTALLEES (SOURCE : FEE).....	35
FIGURE 12 : LE NOMBRE D'ACCIDENTS EOLIENS RECENSES PAR LA BASE ARIA ENTRE 2002 ET 2016 EN FRANCE (ARIA).....	36
FIGURE 13 : UN EXEMPLE DE PANNEAU DE PREVENTION DES RISQUES SUR UN PARC EOLIEN.....	61

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : LA NOMENCLATURE ICPE D'UN PARC EOLIEN.....	7
TABLEAU 2 : LES DONNEES DEMOGRAPHIQUES DES COMMUNES AUTOUR DU PERIMETRE D'ÉTUDE DE DANGERS (INSEE).....	10
TABLEAU 3 : LA DISTANCE DES EOLIENNES AUX HABITATIONS LES PLUS PROCHES.....	11
TABLEAU 4 : LISTE DES INSTALLATIONS CLASSEES POUR L'ENVIRONNEMENT DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	11
TABLEAU 5 : MOYENNE DES PRECIPITATIONS MENSUELLES ENTRE 1981 ET 2010 (METEO FRANCE).....	13
TABLEAU 6 : MOYENNE DES TEMPERATURES MENSUELLES EN °C ENTRE 1981 ET 2010 (METEO FRANCE).....	13
TABLEAU 7 : MOYENNE D'ENSOLEILLEMENT MENSUEL ENTRE 1981 ET 2010 (METEO FRANCE).....	13
TABLEAU 8 : MOYENNES MENSUELLES DE JOURS DE GELEES RECENSES ENTRE 1971 ET 2000 (METEOCLIMAT).....	13
TABLEAU 9 : VITESSE DU VENT MOYENNEE EN M/S ENTRE 2000 ET 2016 (METEO BRETAGNE).....	14
TABLEAU 10 : LES ARRETES DE CATASTROPHES NATURELLES DE LA COMMUNE DE SEGLIEN.....	14
TABLEAU 11 : LES COORDONNEES GPS ET COTES NGF DES EOLIENNES.....	22
TABLEAU 12 : LES DIMENSIONS ENVISAGEES DES AMENAGEMENTS DU PARC EOLIEN.....	23
TABLEAU 13 : LES FONCTIONS ET CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS DE L'INSTALLATION.....	26
TABLEAU 14 : LA LISTE DES PRODUITS UTILISES DANS LES AEROGENERATEURS (EXEMPLE POUR LA NORDEX N131).....	31
TABLEAU 15 : LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	32
TABLEAU 16 : LES AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES.....	37
TABLEAU 17 : LES AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS.....	38
TABLEAU 18 : LES SCENARIOS GENERIQUES D'ACCIDENTS POSSIBLES.....	39
TABLEAU 19 : LES FONCTIONS DE SECURITE DE L'INSTALLATION.....	42
TABLEAU 20 : LES CATEGORIES DE SCENARIOS EXCLUS.....	45
TABLEAU 21 : LES NIVEAUX DE GRAVITE.....	47
TABLEAU 22 : LES NIVEAUX DE PROBABILITE.....	47
TABLEAU 23 : L'ÉVALUATION DE L'INTENSITE POUR LE RISQUE D'EFFONDREMENT DES EOLIENNES.....	49
TABLEAU 24 : L'ÉVALUATION DU NOMBRE DE PERSONNES CONCERNEES PAR LA ZONE D'EFFET DE L'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE.....	49
TABLEAU 25 : L'ÉVALUATION DE LA GRAVITE POUR LE RISQUE D'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE.....	49
TABLEAU 26 : L'ÉVALUATION DE L'INTENSITE DU RISQUE DE CHUTE DE GLACE.....	51
TABLEAU 27 : L'ÉVALUATION DU NOMBRE DE PERSONNES CONCERNEES PAR LA ZONE D'EFFET DE CHUTE DE GLACE.....	51
TABLEAU 28 : L'ÉVALUATION DE LA GRAVITE DU RISQUE DE CHUTE DE GLACE.....	52
TABLEAU 29 : L'ÉVALUATION DE L'INTENSITE DU RISQUE DE CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE.....	53
TABLEAU 30 : L'ÉVALUATION DE LA GRAVITE DU RISQUE DE CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE.....	53
TABLEAU 31 : L'ÉVALUATION DE L'INTENSITE DU RISQUE DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE.....	54
TABLEAU 32 : L'ÉVALUATION DE LA GRAVITE DU RISQUE DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE.....	55
TABLEAU 33 : L'ÉVALUATION DE L'INTENSITE DU RISQUE DE PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE POUR LES EOLIENNES.....	57
TABLEAU 34 : L'ÉVALUATION DE LA GRAVITE DU RISQUE DE PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE.....	57
TABLEAU 35 : LA SYNTHESE DE L'ÉVALUATION DES RISQUES ETUDIES.....	58
TABLEAU 36 : LES MESURES DE MAITRISE DU RISQUE DE CHUTE DE GLACE.....	61

## I. PREAMBULE

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

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société « Parc éolien Branfeul » pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du projet de parc éolien « Branfeul » situé sur la commune de la Noé-Blanche.

Elle vise à s'assurer que le parc éolien est technologiquement réalisable et analyse les causes des risques qu'ils soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les 3 éoliennes du parc « Branfeul ». Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

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

Ainsi, cette étude permet une approche rationnelle et objective des risques encourus par les personnes ou l'environnement, en satisfaisant les principaux objectifs suivants :

- Améliorer la réflexion sur la sécurité à l'intérieur de l'entreprise afin de réduire les risques et optimiser la politique de prévention,
- Favoriser le dialogue technique avec les autorités d'inspection pour la prise en compte des parades techniques et organisationnelles dans l'arrêté d'autorisation,
- Informer le public dans la meilleure transparence possible en lui fournissant des éléments d'appréciation clairs sur les risques.

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

### I.2. LE CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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

L'article D181-15-2 définit le contenu du dossier de demande d'autorisation environnementale. Parmi ces éléments à fournir dans le cadre de l'autorisation environnementale, l'article L181-25 définit l'étude de dangers :

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

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

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

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

- Identification et caractérisation des potentiels de dangers ;
- Description de l'environnement et du voisinage ;
- Réduction des potentiels de dangers ;
- Présentation de l'organisation de la sécurité ;
- Estimation des conséquences de la concrétisation des dangers ;
- Accidents et incidents survenus (accidentologie) ;
- Évaluation préliminaire des risques ;
- Étude détaillée de réduction des risques ;
- Quantification et hiérarchisation des différents scénarios en termes de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection ;
- Évolutions et mesures d'amélioration proposées par l'exploitant ;
- Résumé non technique de l'étude de dangers – Représentation cartographique.

Plus précisément, l'article D181-15-2, définit le contenu de l'étude de dangers selon le principe de proportionnalité :

« III. L'étude de dangers justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

« Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés à l'article L. 181-3.

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

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

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

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

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

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

### I.3. LA NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

Tableau 1 : La nomenclature ICPE d'un parc éolien

N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C <sup>1</sup>	RAYON <sup>2</sup>
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comportant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m	A	6
	2. Comportant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :		
	a) Supérieure ou égale à 20 MW	A	6
	b) Inférieure à 20 MW	D	

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

<sup>1</sup> A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement.

### I.4. LA DEMARCHE GENERALE DE L'ETUDE DE DANGERS

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

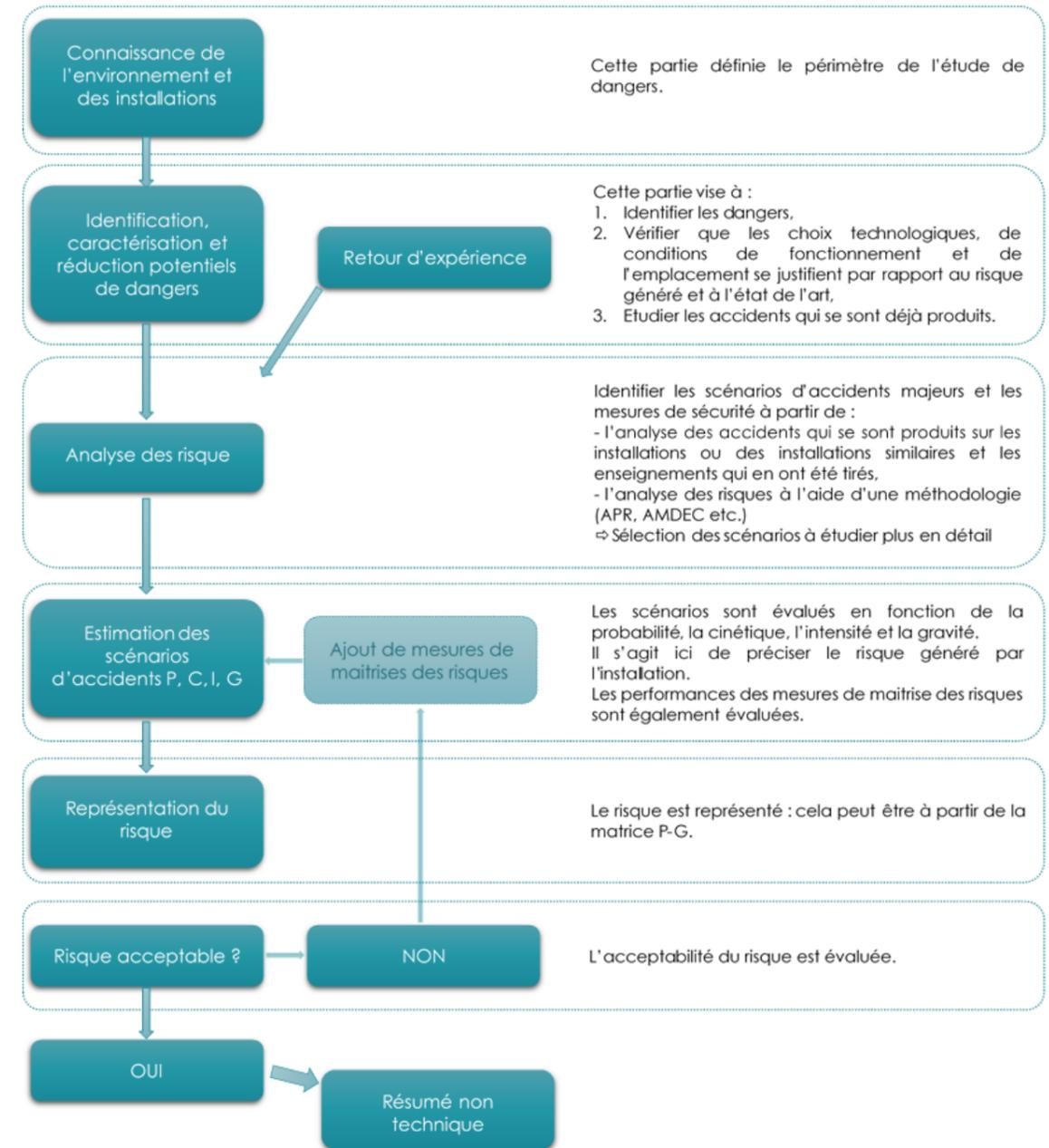


Figure 1 : La démarche générale de l'étude de dangers

<sup>2</sup> Rayon d'affichage en kilomètres.

## II. LES INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### II.1. LES RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

#### LE DEMANDEUR

Le projet éolien « Branfeul » a été développé par la société P&T Technologie, spécialisé dans la conception de parcs éoliens.

Le demandeur (et maître d'ouvrage du projet) est une société de projet dénommée Parc éolien Branfeul créée spécifiquement pour la construction et l'exploitation de l'installation.

<u>Dénomination/raison sociale</u>	PARC EOLIEN BRANFEUL
<u>Forme juridique :</u>	Société par actions simplifiée à associé unique
<u>Numéro SIRET</u>	843 951 435 00019
<u>Siège social :</u>	Rue du Pré Long – Val d'Orson – 35770 VERN-SUR-SEICHE
<u>Qualité du signataire de la demande</u>	Directeur général
<u>Capital social :</u>	10 000 €
<u>RCS :</u>	843 951 435 R.C.S. Rennes
<u>Nature de l'activité :</u>	Exploitation d'une ou plusieurs éoliennes, la production et la vente d'électricité, la participation de la société, par tous moyens, directement ou indirectement dans toutes opérations pouvant se rattacher à son objet

#### LE PORTEUR DU PROJET (COORDINATION GLOBALE ET CONCEPTION DU PROJET)

##### P&T Technologie

Yann TALMONT

Chargé de projets éoliens

Val d'Orson, rue du Pré Long

35770 Vern-sur-Seiche

Tél : 02 99 36 76 77



#### LE REDACTEUR DU DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

##### AEPE Gingko

Audrey MARTINEAU

Chargée d'étude en environnement

7, rue de la Vilaine

Saint Mathurin-sur-Loire

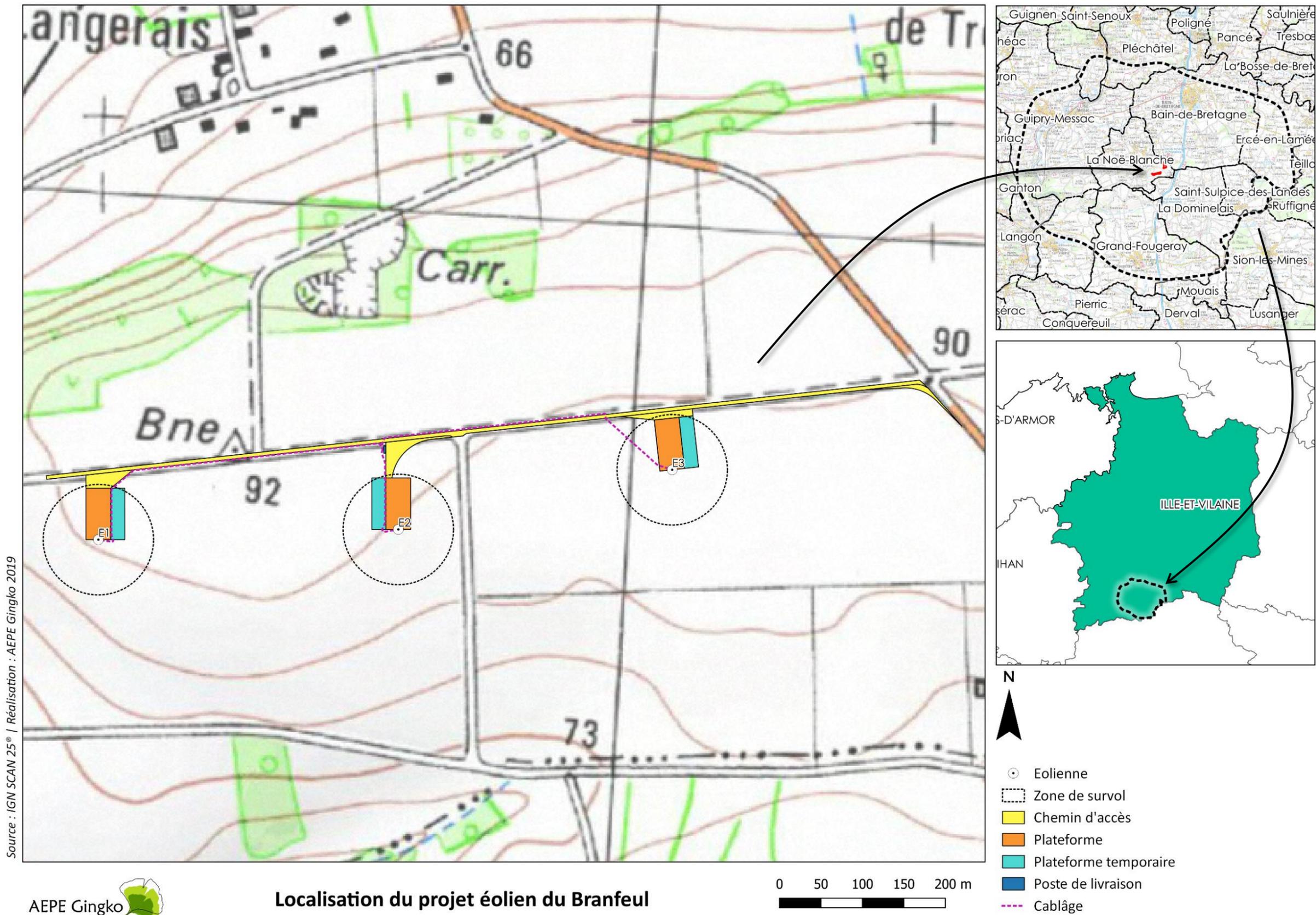
49 250 LOIRE AUTHION

Tél : 02 41 68 06 95



### II.2. LA LOCALISATION DU SITE

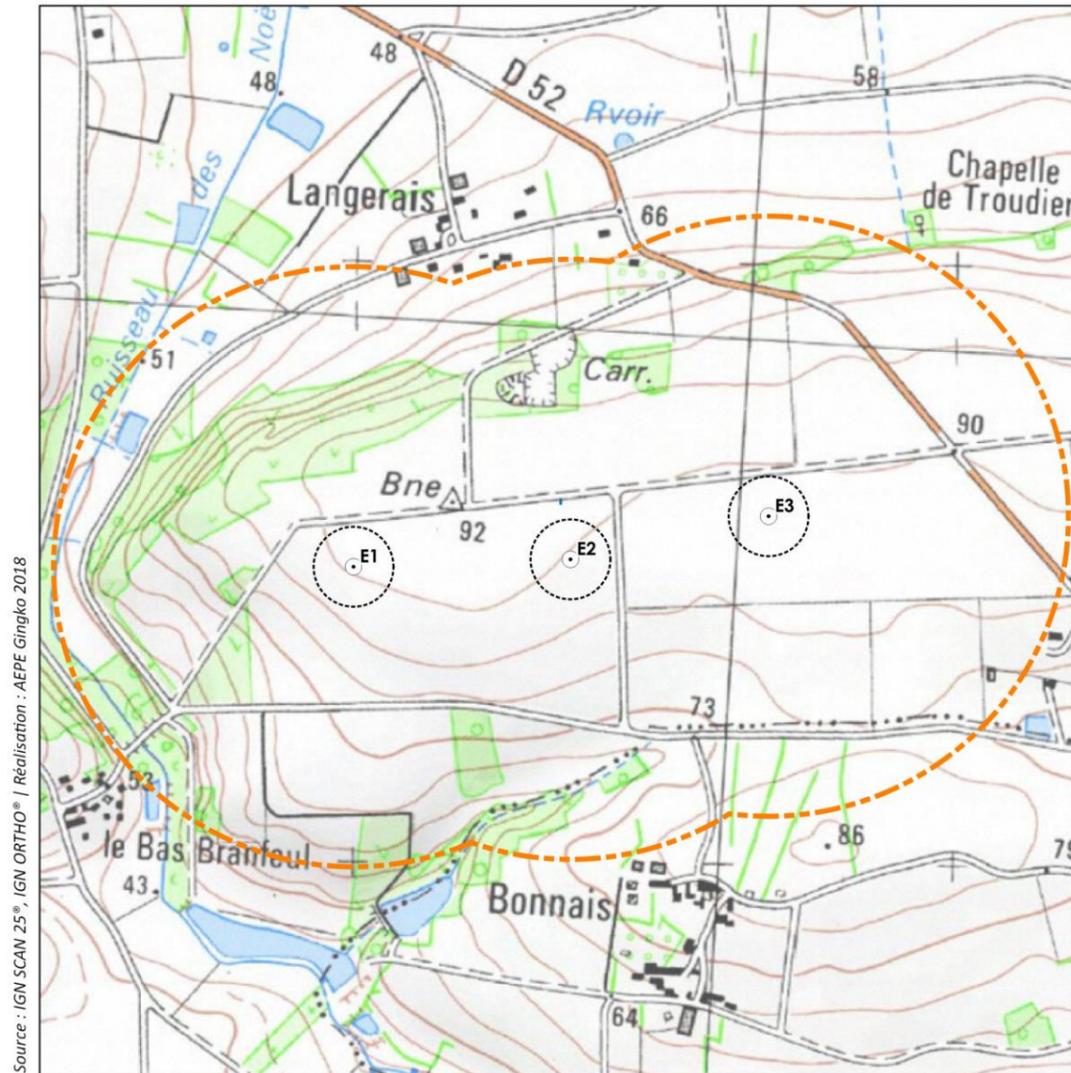
Les installations du projet éolien « Branfeul » sont localisées au sud est la commune de la Noé-Blanche dans le département d'Ille-et-Vilaine (35).



Carte 1 : La localisation du projet

## II.3. LA DEFINITION DE L' AIRE D' ETUDE

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne. Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 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 les environs du poste de livraison, qui est 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.



AEPE Gingko

Le périmètre de l'étude de dangers

- Eolienne
- Zone de survol des éoliennes
- Poste de livraison
- ▭ Périmètre de l'étude de dangers

0 100 200 300 400 m

Carte 2 : Le périmètre de l'étude de dangers

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

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

### III.1. L' ENVIRONNEMENT HUMAIN

#### III.1.1. LES ZONES URBANISEES

Le périmètre de l'étude de dangers s'inscrit essentiellement sur la commune de la Noé-Blanche, et pour partie sur la commune de la Dominelais.

Tableau 2 : Les données démographiques des communes autour du périmètre d'étude de dangers (INSEE)

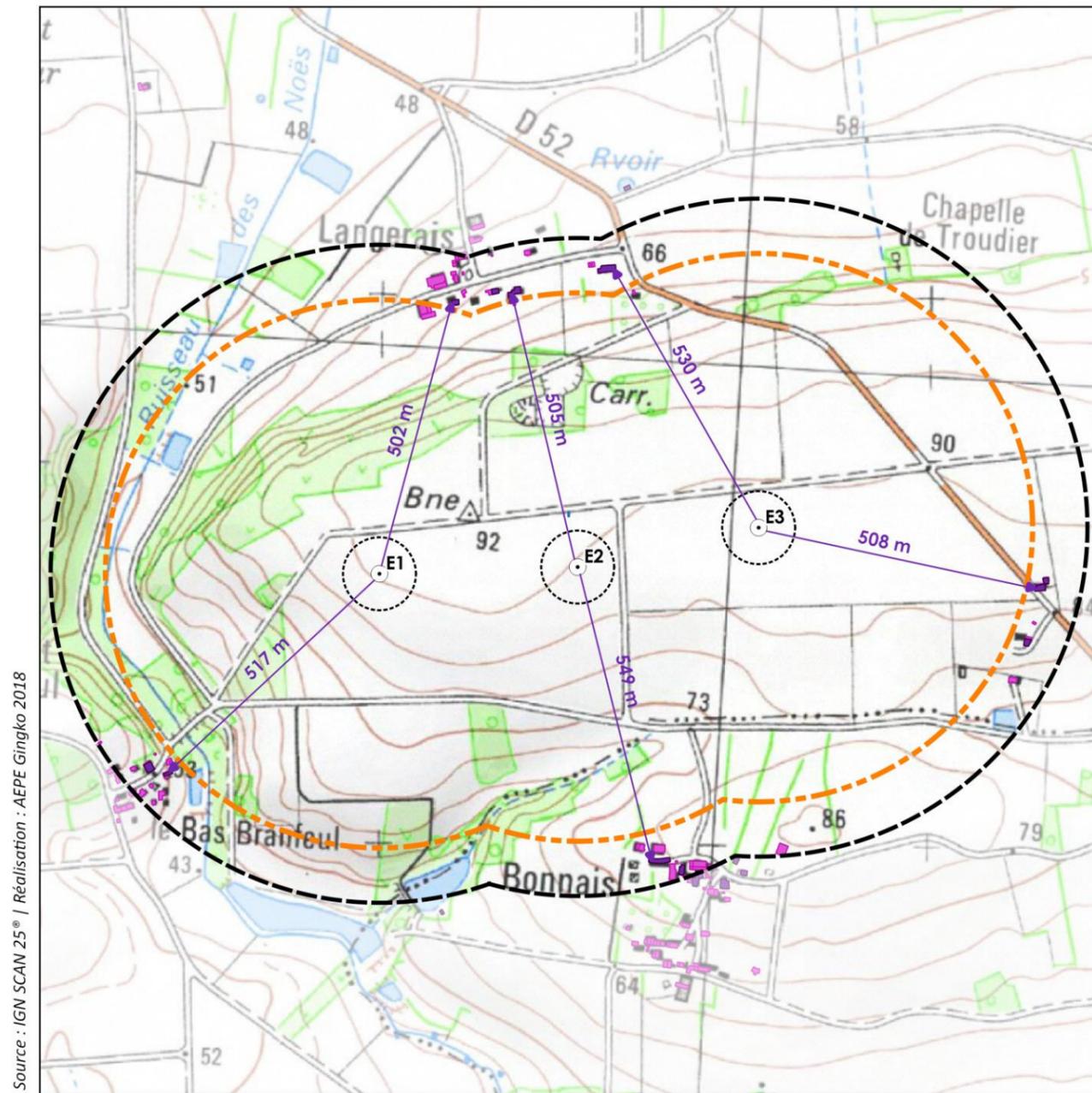
Commune	Population		Densité en 2015 (hab./km <sup>2</sup> )	Évolution de la population entre 2010 et 2015
	2015	2010		
La Noé-Blanche	981	980	42,3	0,1 %
La Dominelais	1 350	1 330	41,6	1,5 %

La densité d'habitants sur ces deux communes est également faible avec en moyenne 42 habitants par km<sup>2</sup>. Pour rappel, la densité moyenne sur le territoire breton en 2014 était de 120 habitant par km<sup>2</sup> et celle de l'Ille-et-Vilaine était de 152 habitants par km<sup>2</sup>. Ces chiffres illustrent le caractère peu peuplé du territoire sur lequel s'inscrit le projet éolien.

À proximité de l'aire d'étude de dangers, les zones bâties sont organisées sous forme de hameaux traditionnels agricoles.

Une recherche des bâtiments présents autour du projet a été effectuée de manière précise dans un rayon de 600 m autour des éoliennes. (Cf : carte ci-après). Sont recensés le « bâti dur » qui concerne des habitations, fermes, et le « bâti léger » qui correspond à des bâtiments plus légers, de type hangars.

Aucun bâtiment à usage d'habitation, industriel ou commercial n'est recensé au sein du périmètre d'étude de dangers.



AEPE Gingko **La distance aux habitations les plus proches**

- Eolienne
- ⬜ Zone de survol des éoliennes
- Poste de livraison
- ⬜ Périmètre de l'étude de dangers
- ⬜ Zone de 600 m autour des éoliennes
- Habitation
- Autre bâti



Carte 3 : La distance aux habitations les plus proches

Tableau 3 : La distance des éoliennes aux habitations les plus proches

Éolienne la plus proche	Habitation la plus proche (en violet sur la carte qui suit)	Commune	Distance des habitations au centre du mât de l'éolienne la plus proche
E1	Langerais	La Noé-Blanche	502 m
E2	Langerais	La Noé-Blanche	505 m
E3	La Haute Ville	La Noé-Blanche	508 m

Les éoliennes seront situées à plus de 500 m de toute habitation.

La commune de la Noé-Blanche est régie par un PLU.

L'éloignement des éoliennes à plus de 500 m des zones urbanisables à destination d'habitation est respecté.

### III.1.2. LES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Aucun établissement recevant du public n'est recensé dans la zone d'étude de dangers.

### III.1.3. LES INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE)

Aucun site Seveso n'est recensé au sein de l'aire d'étude éloignée. L'entreprise PROVIMI FRANCE (ex Celtic Nutrition Anim) qui fabrique de l'alimentation animale, situé sur la commune de Crevin, est classé SEVESO Seuil bas. Elle est distante de plus de 16 km.

Autour du projet, les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) concernent essentiellement des élevages : porcs, bovins, volailles, ... Ce type d'installation n'induit pas de sensibilité particulière dans le cadre du projet.

Tableau 4 : Liste des installations classées pour l'environnement de la zone d'étude

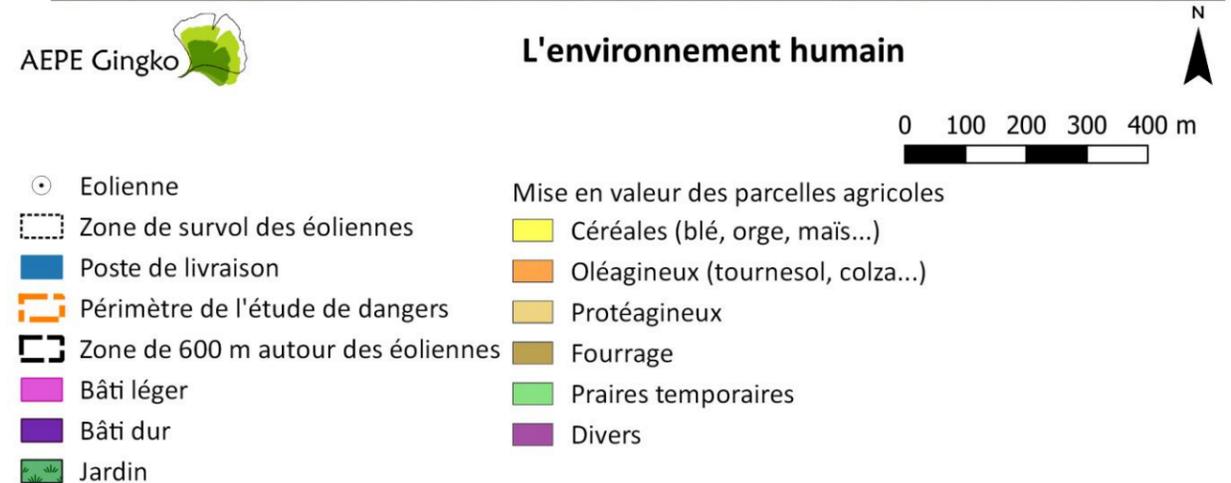
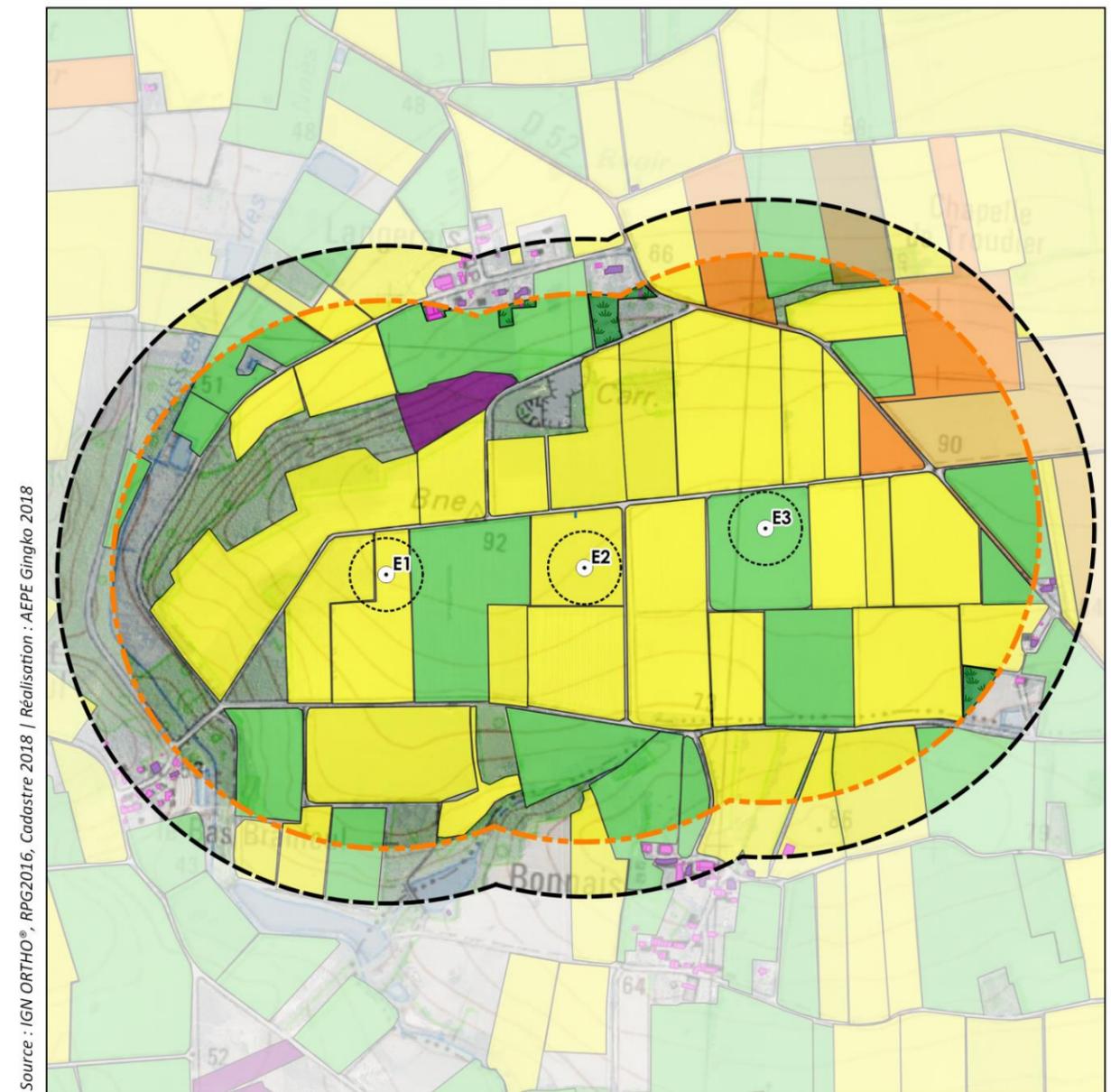
Nom	Rubri. IC	Régime	Activité	Commune	Distance à la ZIP
HERROUIN EDITH	2111	A	Volailles, gibier à plume (élevage, vente, etc)	LA NOE-BLANCHE	3,2 km
	2170	D	Engrais et supports de culture (fabrication) à partir de matières organiques		
	3660	A	Avec plus de 40 000 emplacements pour les volailles		
GAEC DE L'EOLIENNE	2101	D	Bovins (élevage, vente, transit, etc)	GRAND FOUGERAY	3,2 km
	2001	DC	Bovins (élevage, vente, transit, etc)		
	2101	D	Bovins (élevage, vente, transit, etc)		

Nom	Rubri. IC	Régime	Activité	Commune	Distance à la ZIP
	2102	A	PORCS (ELEVAGE, VENTE, TRANSIT, ETC) DE PLUS DE 30 KG	LA DOMINELAIS	3,4 km
	2102	E	Elevage de porcs		
EARL TESSIER VIEL	2102	A	PORCS (ELEVAGE, VENTE, TRANSIT, ETC) DE PLUS DE 30 KG	LA DOMINELAIS	3,4 km
	2102	E	Elevage de porcs		
SECHE ECO INDUSTRIE	2713	A	Métaux et déchets de métaux (transit)	LA DOMINELAIS	3,2 km
	2714	A	Déchets non dangereux de papiers, plastiques, bois, ... (transit) hors 2710, 2711		
	2714	D	Déchets non dangereux de papiers, plastiques, bois, ... (transit) hors 2710, 2711		
	2715	D	Transit, regroupement ou tri de déchets non dangereux de verre		
	2716	A	Déchets non dangereux non inertes (transit)		
	2760	A	Installation de stockage de déchets autre que 2720		
	2780	D	Installations de traitement aérobie de déchets non dangereux		
	2791	A	Déchets non dangereux (traitement)		
EOLIENNES DE GRAND FOUGERAY SARL	3540	A	Installation de stockage de déchets	LA DOMINELAIS	2,5 km
	2980	A	Installation terrestre de production d'électricité		

À cette distance, aucun risque industriel ne peut être envisagé au regard du type d'installation identifié.

### III.1.4. LES AUTRES ACTIVITES

Hormis l'agriculture, la zone d'étude de dangers n'accueille aucune autre activité qu'elle soit commerciale, ou industrielle.



Carte 4 : L'environnement humain

## III.2. L'ENVIRONNEMENT NATUREL

### III.2.1. LE CONTEXTE CLIMATIQUE

#### III.2.1.1. LES PRECIPITATIONS

Le site d'étude est localisé au sud de l'Ille-et-Vilaine. Les précipitations sont relativement régulières sur l'année. Les précipitations sont peu importantes, avec 694 mm par an. Les mois les plus pluvieux sont recensés d'octobre à janvier avec 70,6 mm en moyenne. Les périodes les plus sèches sont concentrées entre juin et août, ces trois mois faisant l'objet de précipitations moyennes mensuelles inférieures à 50 mm.

Tableau 5 : Moyenne des précipitations mensuelles entre 1981 et 2010 (Météo France)

Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Précipitations (mm)	67,6	49,1	51,6	50,9	67,2	46,7	49,1	37,8	59	74,8	67,5	72,7	694

#### III.2.1.2. LES TEMPERATURES

Du fait de l'influence océanique, les températures sont relativement variables. La moyenne annuelle est de 12,1°C. L'hiver est assez marqué (2,6°C de température mensuelle moyenne minimale en février) et l'été est doux (24,3°C de température mensuelle moyenne maximale pour le mois de juillet).

Tableau 6 : Moyenne des températures mensuelles en °C entre 1981 et 2010 (Météo France)

Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Température minimale	3,0	2,6	4,5	5,9	9,3	11,9	13,8	13,7	11,4	9,1	5,5	3,3	7,8
Température maximale	8,7	9,6	12,7	15,2	18,9	22,2	24,5	24,3	21,6	17,0	12,1	9,1	16,3
Température moyenne	5,9	6,1	8,6	10,6	14,1	17,1	19,2	19,0	16,5	13,1	8,8	6,2	12,1

#### III.2.1.3. L'ENSOLEILLEMENT

La durée annuelle d'ensoleillement varie en France métropolitaine entre 1 500 et 2 900 h. Le site d'étude dispose d'un ensoleillement de 1 648,2 h par an ce qui le place dans la fourchette basse à l'échelle du territoire français. Par ailleurs, l'ensoleillement est très nettement concentré sur la période d'avril à septembre avec une moyenne mensuelle de plus de 194 h, soit environ 6,4 h de soleil par jour. À contrario les mois d'hiver sont très peu ensoleillés : 68,8 h de soleil en moyenne pour les mois de décembre et janvier, soit environ 2,3 h d'ensoleillement par jour.

Tableau 7 : Moyenne d'ensoleillement mensuel entre 1981 et 2010 (Météo France)

Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Ensoleillement (h)	69,1	87,2	128,4	162,7	191,2	217,3	210,7	205,5	177,8	117,5	81,3	68,6	1648,2

#### III.2.1.4. LE GEL

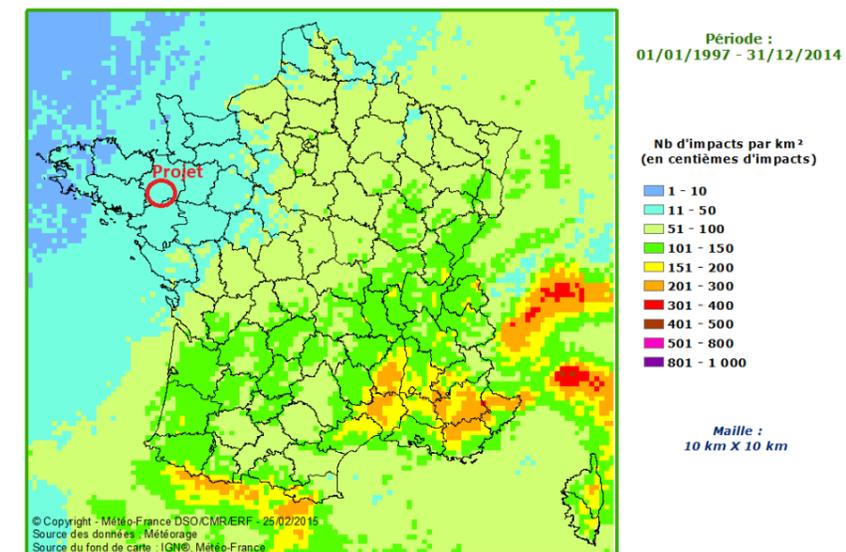
La situation de la zone d'étude dans un climat breton doux régulé par la masse de l'océan atlantique proche induit un nombre de jour de gel relativement limité. Les fortes gelées (température inférieure à 5°C) sont recensées moins de 3 jours par an en moyenne. Elles se concentrent particulièrement sur les mois de décembre, janvier et février. Les températures de grand froid (inférieure à -10°C) sont quant à elles anecdotiques (0,4 jour par an).

Tableau 8 : Moyennes mensuelles de jours de gelées recensés entre 1971 et 2000 (Météoclimat)

Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Gelée (Tn<=0°C)	8,57	7,23	4,57	1,53	0,13	0	0	0	0	0,3	4,73	7,4	34,47
Forte Gelée (Tn<=-5°C)	1,4	0,93	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,27	2,77
Grand Froid (Tn<=-10°C)	0,3	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4

#### III.2.1.5. LES ORAGES

La Bretagne est la région française offrant la densité de foudroiement la moins importante du territoire. D'après le site de Météorage, l'Ille-et-Vilaine reçoit en moyenne 0,39 impacts de foudre au sol par km<sup>2</sup> et par an.



Carte 5 : Densité de foudroiement annuel au km<sup>2</sup> en France (source Météorage)

L'Ille-et-Vilaine est donc très faiblement impacté par la foudre.

### III.2.1.6. LES VENTS

La Bretagne dispose de manière générale d'un des gisements éoliens les plus importants à l'échelle française et européenne. Les vents sont présents toute l'année et donc favorables à l'exploitation éolienne. La moyenne annuelle sur la station de Rennes est de 3,3 m/s. Le maximum est relevé au mois de janvier et le minimum au mois de novembre.

Tableau 9 : Vitesse du vent moyennée en m/s entre 2000 et 2016 (Météo Bretagne)

Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Vitesse en m/s	3,6	3,3	3,4	3,5	3,3	3,3	3,4	3,4	3,0	3,4	3,0	3,4	3,3

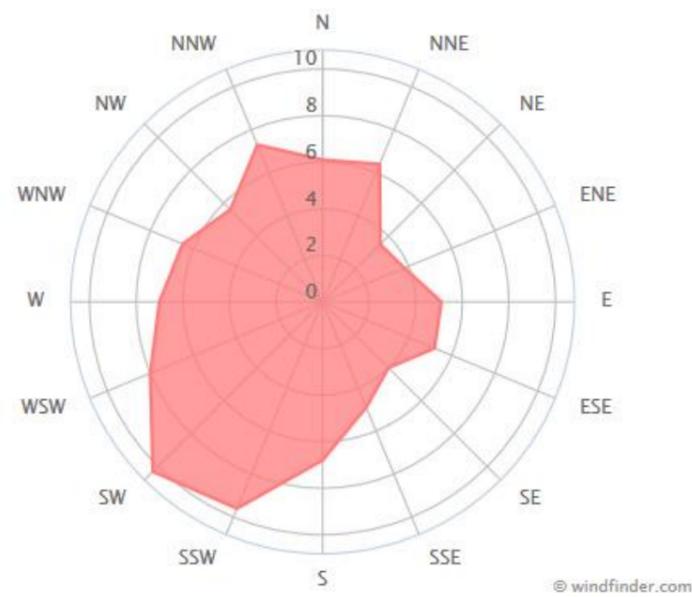


Figure 2 : Distribution de la direction du vent sur une année sur la station de Rennes (en %) (Windfinder)

Les données de la station météorologique de Rennes, située à 40 km au sud du projet dans le département de l'Ille-et-Vilaine, permettent par ailleurs d'illustrer la direction dominante du vent. Celle-ci est globalement d'orientation sud-ouest/nord-est avec des vents faibles provenant essentiellement du nord-est et des vents moyens/forts provenant essentiellement du sud-ouest.

### III.2.2. LES RISQUES NATURELS

#### III.2.2.1. LES ARRETES DE RECONNAISSANCE DE CATASTROPHE NATURELLE

La commune de La Noé-Blanche est concernée par quatre arrêtés portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle :

Tableau 10 : Les arrêtés de catastrophes naturelles de la commune de Séglien

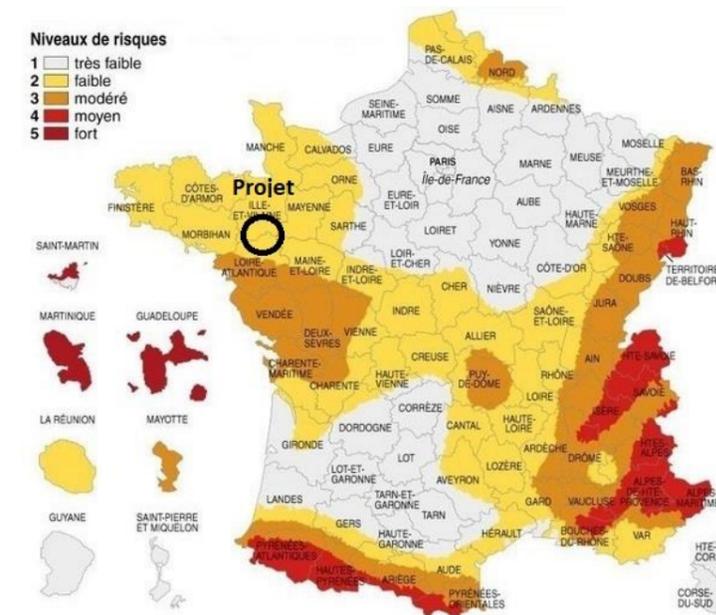
Type de catastrophe	Début le	Arrêté du
Tempête	Du 15/10/1987 au 16/10/1987	22/10/1987
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	Du 25/12/1999 au 29/12/1999	29/12/1999
Inondations et coulées de boue	Du 17/01/1995 au 31/01/1995	06/02/1995
Inondations et coulées de boue	Du 01/06/1999 au 01/06/1999	29/09/1999

Ces arrêtés concernent essentiellement les phénomènes d'inondations et de coulées de boue. Ils sont généralement concentrés aux abords des cours d'eau et dans les points bas du territoire, ce qui ne correspond pas à la situation en point haut du périmètre d'étude immédiat. Ce type de phénomène ne concerne donc pas directement la zone d'implantation potentielle des éoliennes.

Le phénomène de tempête, assez présent en région Bretagne, est quant à lui susceptible d'avoir un effet sur une installation éolienne. Il devra donc être pris en considération dans le choix des éoliennes et de leur méthode d'ancrage au sol.

#### III.2.2.2. LA SISMICITE

La commune de La Noé-Blanche est localisée dans une zone de sismicité faible (zone 2).



Carte 6 : Zonage sismique de la France

L'arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 définit chaque catégorie de bâtiment. Parmi les modifications de cet arrêté, on peut noter que seuls « les bâtiments des centres de production collective d'énergie répondant au moins à l'un des trois critères suivants, quelle que soit leur capacité d'accueil feront l'objet d'une attestation :

- la production électrique est supérieure au seuil de 40 MW électrique ;
- la production thermique est supérieure au seuil de 20 MW thermique ;
- le débit d'injection dans le réseau de gaz est supérieur à 2 000 Nm<sup>3</sup>/h. »

Si le parc éolien ne dépasse pas une puissance électrique de 40 MW, il ne sera pas nécessaire d'insérer dans le dossier de demande d'autorisation environnementale, un document établi par un contrôleur technique, attestant qu'il a fait connaître au maître d'ouvrage son avis sur la prise en compte, au stade de la conception, des règles parasismiques et para-cycloniques anciennement prévues par l'article L. 563-1 du code de l'environnement (article A431-10 et 431-16 du code de l'urbanisme). De même, il ne sera pas obligatoire d'établir une attestation à joindre à la déclaration d'achèvement des travaux (article 462-4 du code de l'urbanisme).

Les centres de production eux-mêmes, c'est-à-dire éoliennes, ne sont pas soumis à l'arrêté du 22 octobre 2010, qui ne concerne que les bâtiments. Les éoliennes dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 12 mètres sont soumises au contrôle technique obligatoire en vertu de l'article R 111-38 du code de la construction et de l'habitation. C'est dans ce cadre que l'ensemble des contrôles relatifs aux aléas techniques susceptibles d'être rencontrés dans la réalisation des ouvrages est effectué.

### III.2.2.3. LES RISQUES D'INONDATION

L'inondation est une submersion (rapide ou lente) d'une zone pouvant être habitée ; elle correspond au débordement des eaux lors d'une crue. Une crue correspond à l'augmentation du débit (m<sup>3</sup>/s) d'un cours d'eau, dépassant plusieurs fois le débit moyen ; elle se traduit par une augmentation de la hauteur d'eau.

La commune de La Noé-Blanche n'est pas concernée par un plan de prévention du risque inondation (PPRI). Cependant, la commune de Messac, voisine de La Noé-Blanche et située dans l'aire d'étude rapprochée, est concernée par le PPRI du Bassin Moyenne Vilaine Semnon. De même, la commune de Saint-Anne-sur-Vilaine, situé au sud-ouest de la commune de La Noé-Blanche est concerné par le PPRI du bassin Vilaine Aval.

Par ailleurs, la commune de La Noé-Blanche est concernée par des zones inondables identifiées dans l'Atlas des Zones Inondables de Bretagne. Plusieurs tronçons du Ruisseau du Pont aux Roux sont inondables, dont un situé à 300 m au nord de la zone d'implantation potentielle. Une partie du ruisseau de Gras située à environ 1,2 km au sud de la zone d'implantation potentielle est également identifiée comme inondable.

Notons toutefois que le risque d'inondation lente concerne une grande partie de la Bretagne. Le site du projet se localise à des altitudes supérieures aux cours d'eau les plus proches et n'est de ce fait pas directement concerné par le risque d'inondation.

### III.2.2.4. LE RISQUE DE RUPTURE DE BARRAGE

D'après le dossier départemental des risques majeurs d'Ille-et-Vilaine, la commune de La Noé-Blanche n'est pas concernée par un risque de rupture de barrage ou de digues.

### III.2.2.5. LES RISQUES LIES AUX CAVITES

D'après le <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/cavites-souterraines>, aucune cavité connue n'est recensée à l'échelle du périmètre d'étude immédiate du projet. Les cavités les plus proches sont :

- La cave de Messac (BREA0001210), une cave située sur la commune de Messac à environ 7 km au sud-ouest de la zone d'implantation potentielle,
- L'ardoisière de Pléchâtel qui comprend 5 puits (BREA0001230, BREA0001231, BREA0001232, BREA0001233 et BREA0001234), située sur la commune de Pléchâtel à environ 9 km au nord-ouest de la zone d'implantation potentielle.

À cette distance, ces cavités n'induisent aucun enjeu particulier pour le projet.

### III.2.2.6. LES RISQUES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN

Un mouvement de terrain est un déplacement plus ou moins brutal du sol ou du sous-sol. Il est fonction de la nature et de la disposition des couches géologiques. Il est dû à des processus lents de dissolution ou d'érosion favorisés par l'action de l'eau et de l'homme.

D'après le site <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/mouvements-de-terrain> qui recense les mouvements de terrain répertoriés par commune, aucun mouvement de terrain n'est connu sur la commune de La Noé-Blanche.

### III.2.2.7. LES RISQUES LIES AUX FEUX DE FORET ET DE LANDES

L'Ille-et-Vilaine est le département breton le moins boisé avec 69 000 hectares de bois et de forêts. Les trois plus grandes forêts sont celles de Paimpont, de Rennes et de la Guerche de Bretagne.

D'après le dossier départemental des risques majeurs de l'Ille-et-Vilaine, la commune de La Noé-Blanche ne fait pas parties des secteurs ayant un risque de feux de forêt.

De plus, aucun boisement ne se situe dans la zone d'implantation potentielle des éoliennes.

Le projet ne présente donc pas de sensibilité au risque de feux de forêt.

### III.2.2.8. L'ALEA RETRAIT-GONFLEMENT D'ARGILE

Les données et cartes éditées par le BRGM ont pour but de délimiter toutes les zones qui sont a priori sujettes au phénomène de retrait-gonflement d'argiles et de hiérarchiser ces zones selon un degré d'aléa croissant. Les zones où l'aléa retrait-gonflement est qualifié de fort, sont celles où la probabilité de survenance d'un sinistre sera la plus élevée et où l'intensité des phénomènes attendus est la plus forte. Dans les zones où l'aléa est qualifié de faible, la survenance de sinistres est possible en cas de sécheresse importante mais ces désordres ne toucheront qu'une faible proportion des bâtiments (en priorité ceux qui présentent des défauts de construction ou un contexte local défavorable, avec par exemple des arbres proches ou une hétérogénéité du sous-sol). Les zones d'aléa moyen correspondent à des zones intermédiaires entre ces deux situations extrêmes. Quant aux zones où l'aléa est estimé a priori nul, il s'agit des secteurs où les cartes géologiques actuelles n'indiquent pas la présence de terrain argileux en surface.

D'après la carte d'aléa retrait et gonflement des argiles, les risques sur la zone d'implantation potentielle sont considérés comme nuls à faibles. Cela n'impose donc pas de précautions particulières pour la conception d'ouvrages éoliens.

### III.2.2.9. LE RISQUE DE REMONTEES DE NAPPES

Outre les inondations liées aux eaux superficielles, un territoire peut être soumis à des remontées de nappes localisées dans les sédiments ou dans le socle. Si les nappes sont pleines, des remontées d'eau sont susceptibles d'affecter les terres et de provoquer des inondations.

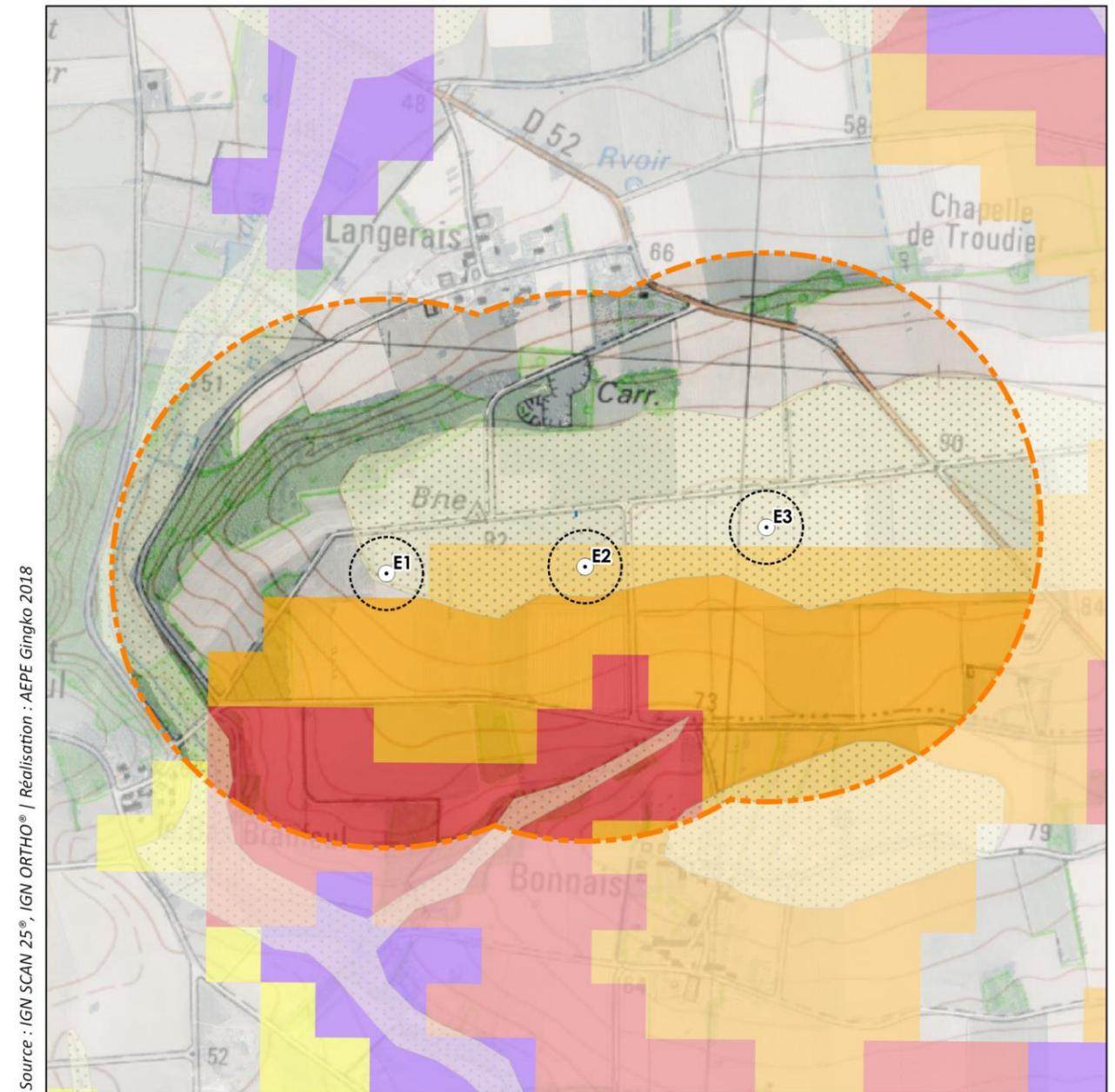
Sur ce secteur, en l'absence de couches sédimentaires notables, le risque de remontées de nappe sédimentaire est nul.

En revanche, le risque de remontées de nappe du socle est ponctuellement présent au droit des secteurs de roches altérées ou de fracturation importante du socle. Le site <http://www.inondationsnappes.fr> localise les secteurs à enjeux de remontées de nappe de socle.

La sensibilité au risque de remontée de nappe du secteur est de la zone d'implantation potentielle passe de très faible dans la partie la plus haute à très forte dans la partie la plus basse.

Le secteur ouest de la zone d'implantation potentielle, quant à lui, présente une sensibilité forte dans sa quasi-totalité.

La zone d'implantation potentielle est donc susceptible de faire l'objet d'inondation lente et ponctuelle en lien avec la présence d'une nappe de socle dans le sous-sol. Il est donc concerné par un enjeu moyen dans le cadre du projet.



Source : IGN SCAN 25®, IGN ORTHO® | Réalisation : AEPE Gingko 2018

AEPE Gingko

#### L'environnement naturel

- Eolienne
- Zone de survol des éoliennes
- Poste de livraison
- Périmètre de l'étude de dangers
- Aléa retrait-gonflement des argiles
- Sensibilité au risque de remontée de nappe
  - Moyenne
  - Forte
  - Très forte
  - Nappe sub-affleurante

Carte 7 : L'environnement naturel

## III.3. L'ENVIRONNEMENT MATERIEL

### III.3.1. LES VOIES DE COMMUNICATION

#### III.3.1.1. LE TRANSPORT ROUTIER

Pour les axes routiers, conformément à l'annexe 1 (méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne), une distinction a été établie entre :

- Les axes routiers structurants présentant un trafic supérieur ou égal à 2 000 véhicules par jour,
- Les axes routiers non structurants présentant un trafic inférieur à 2 000 véhicules par jour.

#### LES AXES STRUCTURANTS

Aucun axe structurant ne traverse le périmètre d'étude de dangers.

#### LES AXES NON STRUCTURANTS

Le périmètre de l'étude de dangers comprend un réseau de liaisons locales et voies communales, servant à desservir les hameaux et fermes qui entourent le projet, ainsi que des chemins d'exploitation utilisés pour l'accès aux parcelles agricoles.

Le périmètre d'étude est ainsi traversé par la RD52 (environ 400 véhicules/jour en 2016), sur un linéaire de 928 m, par un réseau de voies communales et chemins agricoles pour 5,6 km.

Ces routes sont peu fréquentées car elles desservent essentiellement les hameaux. Les chemins d'exploitation sont quant à eux uniquement fréquentés par les agriculteurs ou promeneurs car ils desservent uniquement les parcelles agricoles.

La fréquentation de ces voies est inférieure à 2000 véhicules/jour au regard de leur unique rôle de transit local, De ce fait elles n'appartiennent pas aux voies de circulation structurantes et s'inscrivent dans la catégorie d'enjeu liée aux « terrains aménagés mais peu fréquentés » conformément au guide de l'étude de dangers.

#### III.3.1.2. LA TRANSPORT FERROVIAIRE

La zone d'étude n'est pas concernée par la présence de voie ferrée.

La voie ferrée la plus proche est la n°468 qui relie Rennes à Redon. Elle fait environ 70 km de longueur et passe à 7 km de la zone d'implantation potentielle.

A cette distance, elles ne présentent aucune sensibilité par rapport au projet.

#### III.3.1.3. LE TRANSPORT FLUVIAL

Aucun transport fluvial n'est recensé au sein ou aux abords immédiats de l'aire d'étude de dangers.

#### III.3.1.4. LE TRANSPORT AERIEN

Les services de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) ont été consultés dans le cadre du présent projet de parc éolien afin de prendre connaissance des éventuelles servitudes aéronautiques susceptibles de grever le site. Par courrier du 21 décembre 2017 (consultable en annexe), la DGAC indique que le projet se situe en dehors des zones intéressées par des servitudes aéronautiques et radioélectriques associées à des installations de l'aviation civile et il ne sera pas gênant au regard des procédures de circulation aérienne publiées. Toutefois, la zone de servitudes de l'aérodrome de Saint-Sulpice-des-Landes est située à 160 m de l'éolienne E3.

### III.3.2. LES RESEAUX PUBLICS ET PRIVES

De la consultation des principaux services gestionnaires d'infrastructures ou de servitudes, il apparaît que le site d'implantation est concerné par des ouvrages et réseaux qui induisent des contraintes et servitudes :

- Une ligne électrique, gérée par les services ENEDIS, à plus de 415 m de l'éolienne E3. Ils n'indiquent pas de prescriptions particulières dans le cadre du projet.
- Une canalisation d'eau potable, gérée par les services VEOLIA, à plus de 300 m de l'éolienne E3. Ils n'indiquent pas de prescriptions particulières dans le cadre du projet.
- Un réseau enterré et une artère aérienne gérée par les services ORANGE, à plus de 300 m de l'éolienne E3. Ils n'indiquent pas de prescriptions particulières dans le cadre du projet.

### III.4. LA SYNTHÈSE DES ENJEUX

Les principaux enjeux externes de sécurité recensés au sein de l'aire d'étude de dangers sont :

- La présence de jardins,
- La présence de la RD52, voie non structurante,
- La ligne électrique HT,
- Le réseau ORANGE.

Au regard de l'annexe 1 (méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne), une typologie des terrains présents au sein de l'aire d'étude de dangers a pu être réalisée. Cette démarche permet d'identifier et de quantifier les personnes et les biens à protéger sur la zone d'étude.

Plusieurs types de zones peuvent ainsi être définies :

- Les parcelles agricoles et boisées correspondent à des « terrains non aménagés et très peu fréquentés » (1 personne pour 100 ha),
- Les voies de circulation non structurantes (dont chemins agricoles) et les jardins correspondent à des « terrains aménagés mais peu fréquentés » (1 personne pour 10 ha).



Source : IGN SCAN 25®, IGN ORTHO® | Réalisation : AEPE Gingko 2018

AEPE Gingko

#### L'environnement matériel

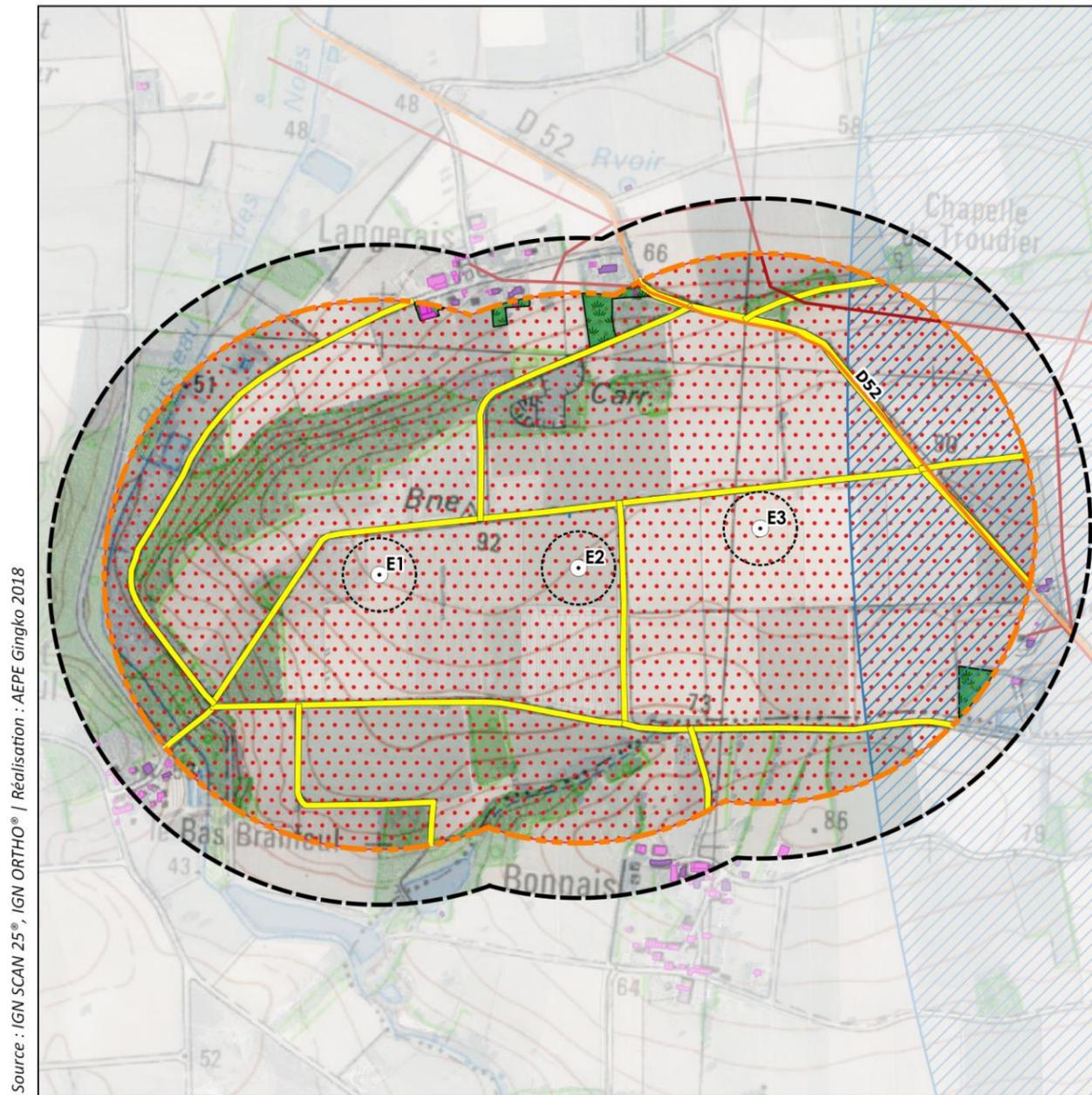


- Eolienne
- ⊞ Zone de survol des éoliennes
- Poste de livraison
- ⊞ Périmètre de l'étude de dangers
- Route non structurante et chemin

- ▨ Servitude de l'aérodrome de Saint-Sulpice-des-Landes
- Ligne électrique
- Artère aérienne Orange



Carte 8 : L'environnement matériel



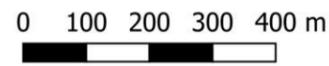
Source : IGN SCAN 25®, IGN ORTHO® | Réalisation : AEPE Gingko 2018

AEPE Gingko

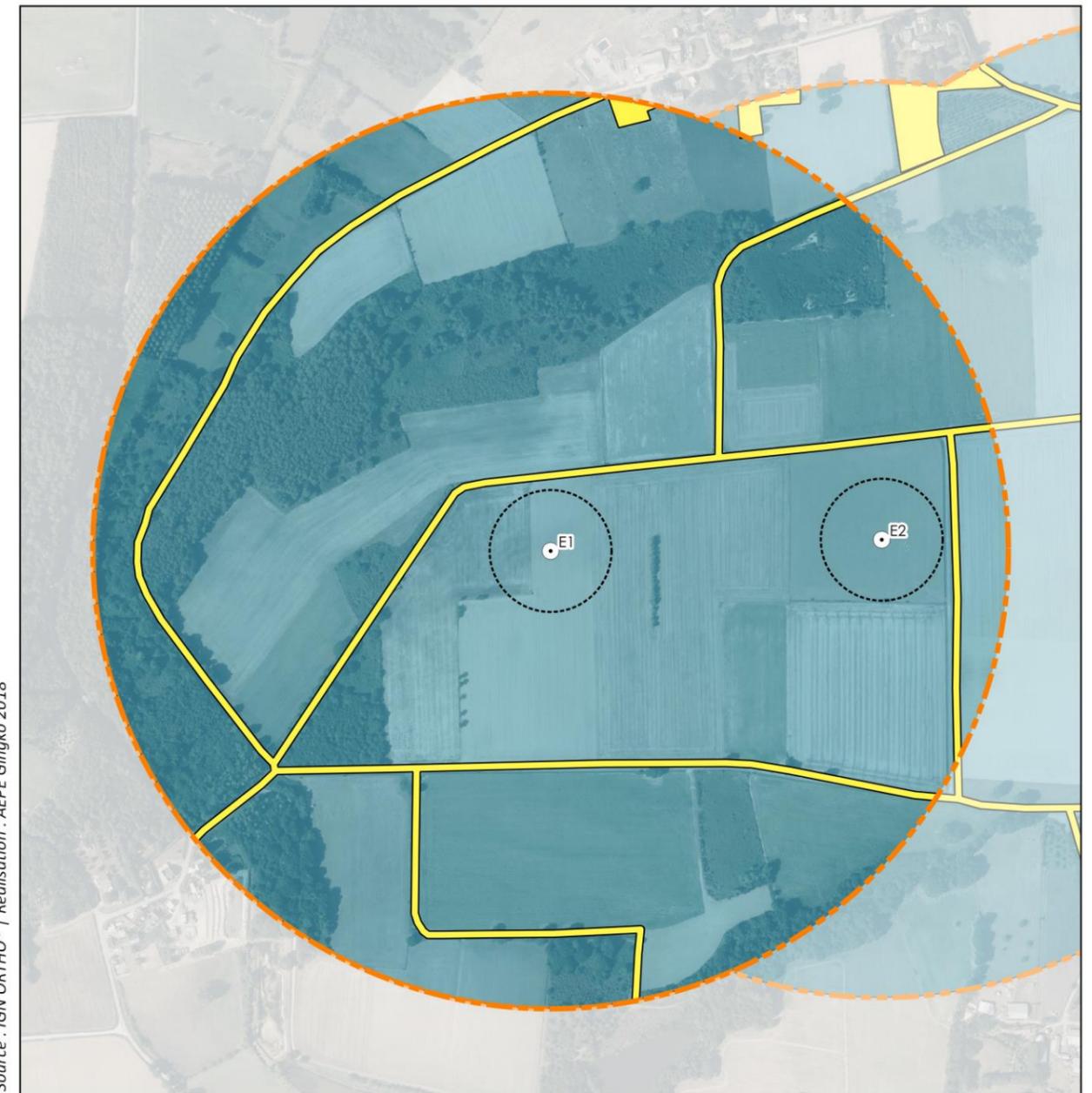
La synthèse des enjeux de l'aire d'étude de dangers



- Eolienne
- ⬜ Zone de survol des éoliennes
- Poste de livraison
- ⬜ Périmètre de l'étude de dangers
- ⬜ Zone de 600 m autour des éoliennes
- Habitations
- Autre bâti
- Jardin
- ⬜ Servitude de l'aérodrome de Saint-Sulpice-des-Landes
- Ligne électrique
- Artère aérienne Orange
- ⬜ Parcelle agricole, boisement et friche
- Route non structurante et chemin



Carte 9 : La synthèse des enjeux de l'aire d'étude de dangers



Source : IGN ORTHO® | Réalisation : AEPE Gingko 2018

AEPE Gingko

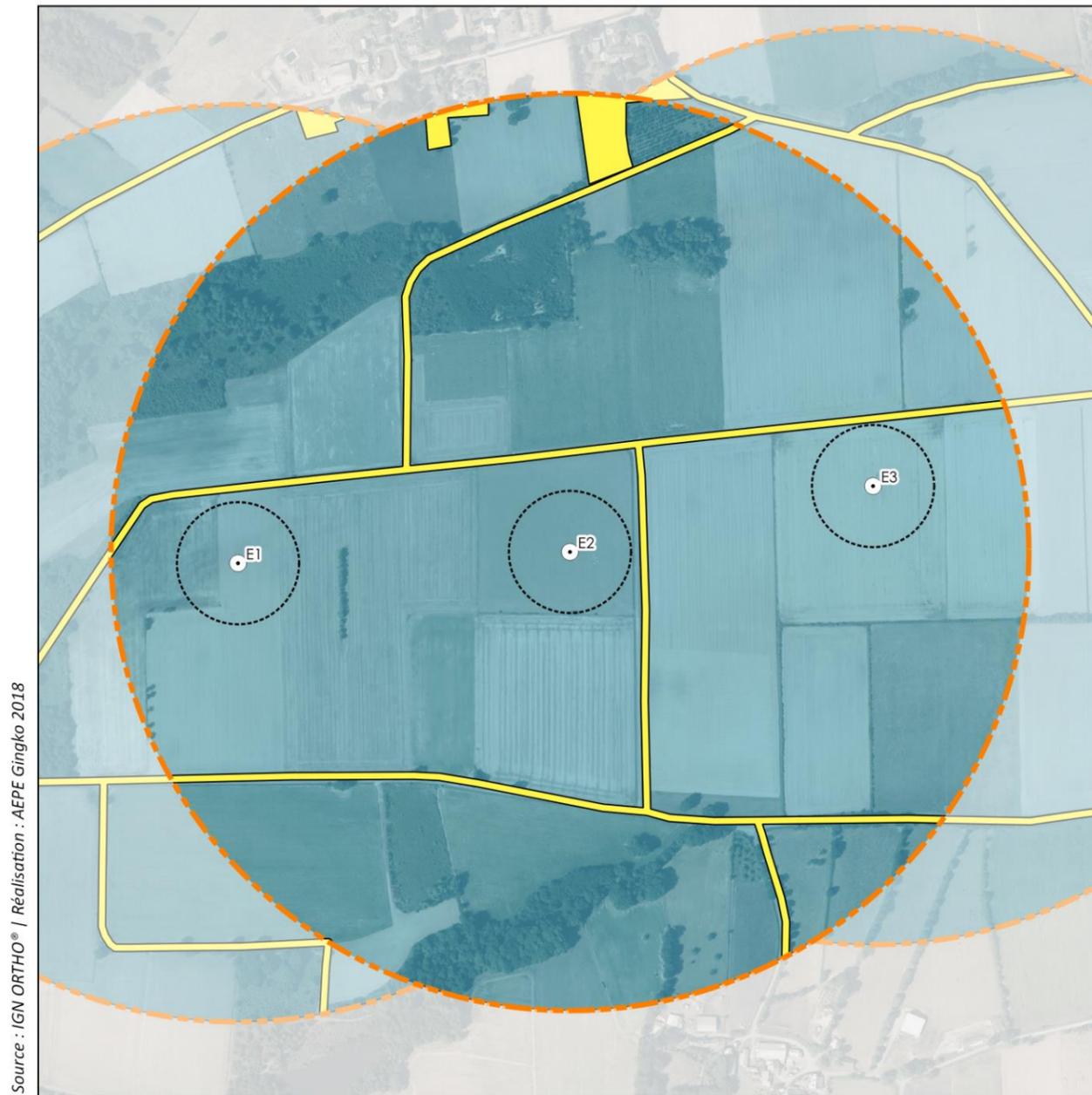
Les types de terrain de l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E1



- ⬜ Aire de l'étude de dangers
- Eolienne
- ⬜ Zone de survol
- Terrain non aménagé et très peu fréquenté (parcelle agricole, boisements, friche...)
- Terrain aménagé et peu fréquenté (route non structurante, chemin...)



Carte 10 : Les types de terrain de l'aire d'étude de dangers



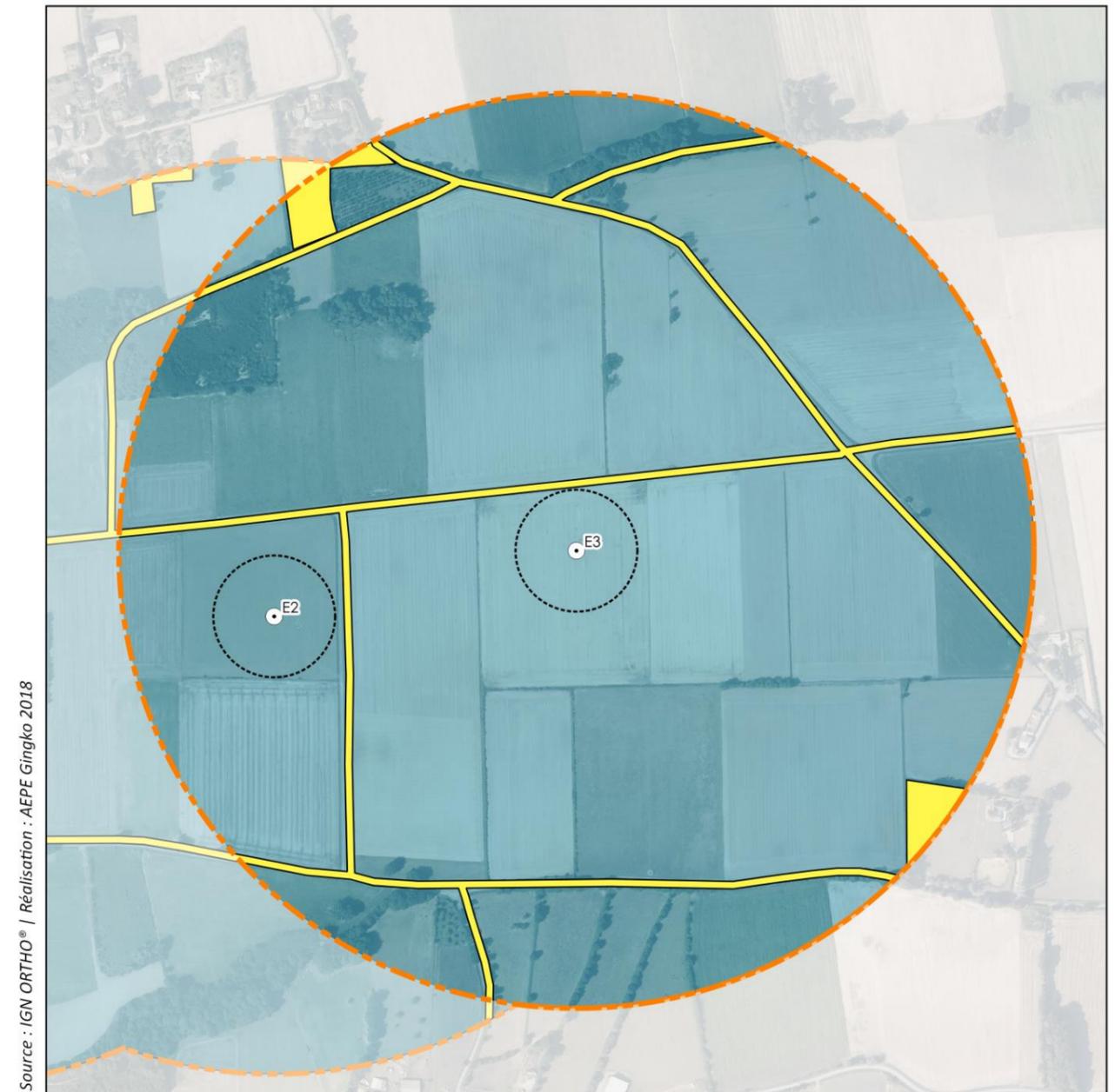
AEPE Gingko

### Les types de terrain de l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E2

-  Aire de l'étude de dangers
-  Eolienne
-  Zone de survol
-  Terrain non aménagé et très peu fréquenté (parcelle agricole, boisements, friche...)
-  Terrain aménagé et peu fréquenté (route non structurante, chemin...)

0 100 200 300 m

Carte 11 : Les types de terrain de l'aire d'étude de dangers



AEPE Gingko

### Les types de terrain de l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E3

-  Aire de l'étude de dangers
-  Eolienne
-  Zone de survol
-  Terrain non aménagé et très peu fréquenté (parcelle agricole, boisements, friche...)
-  Terrain aménagé et peu fréquenté (route non structurante, chemin...)

0 100 200 300 m

Carte 12 : Les types de terrain de l'aire d'étude de dangers

## IV. LA DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

### IV.1. LES CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien « Branfeul » est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent.

#### IV.1.1. LES CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes :

- 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 câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(x) poste(s) de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité) ;
- Un réseau de chemins d'accès.

Éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

#### IV.1.2. LES ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN AEROGENERATEUR

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

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.

- **Le mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmontés d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
- **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
  - le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
  - le système de freinage mécanique ;
  - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
  - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
  - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

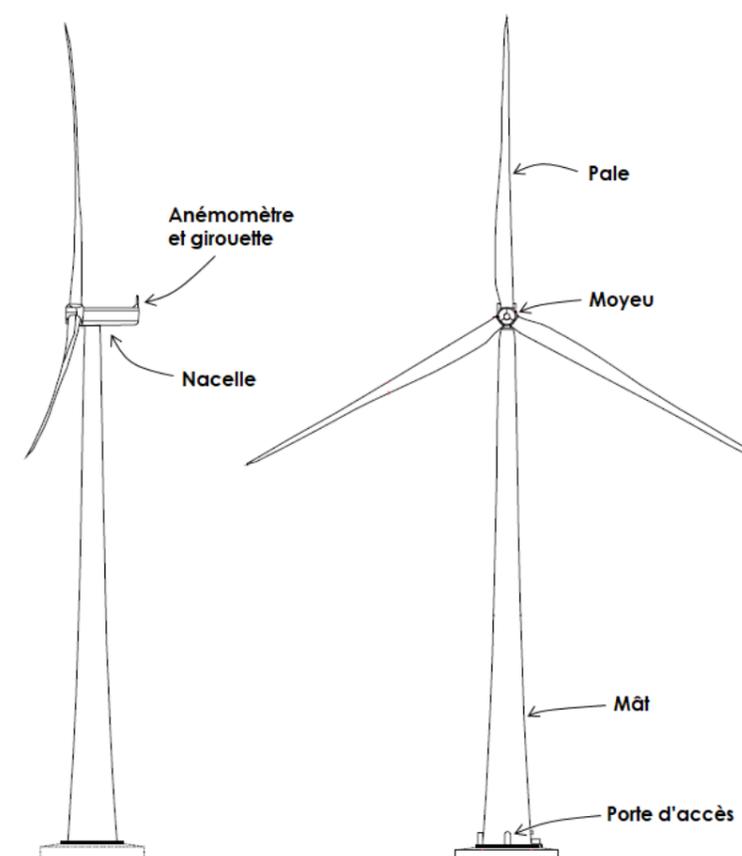


Figure 3 : Le schéma simplifié d'un aérogénérateur (Nordex)

##### IV.1.2.1. L'EMPRISE AU SOL

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

- **La surface de chantier** est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes.

- **La fondation de l'éolienne** est recouverte de terre végétale. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol.
- **La zone de surplomb ou de survol** correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât.
- **La plateforme** correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation.

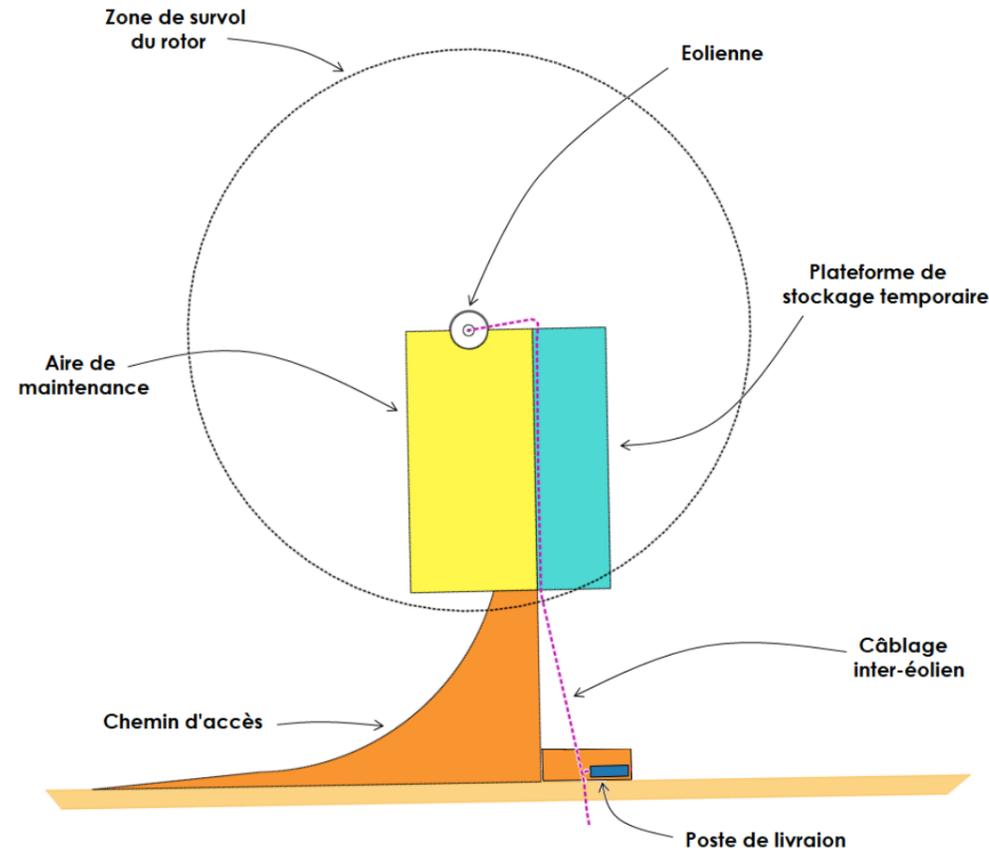


Figure 4 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

#### IV.1.2.2. LES CHEMINS D'ACCES

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de 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 agricoles existants ;
- Si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés sur les parcelles agricoles.

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

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

### IV.1.3. LA COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien de « Branfeul » est composé de 3 éoliennes et d'un poste de livraison. Chaque aérogénérateur aura une hauteur de moyeu maximale de 119 m et un diamètre de rotor maximal de 131 m, soit une hauteur totale en bout de pale maximale de 180 m.

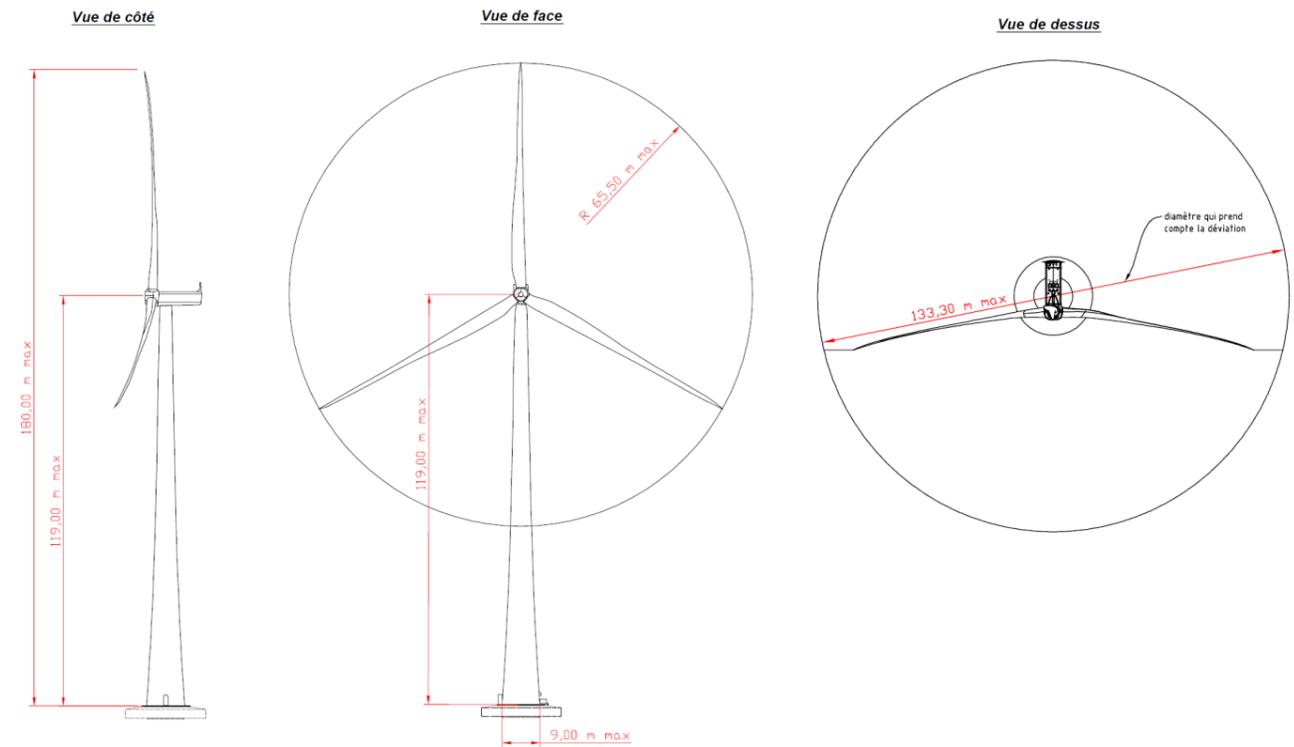


Figure 5 : Les dimensions du gabarit d'éolienne envisagée

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs.

Tableau 11 : Les coordonnées GPS et côtes NGF des éoliennes

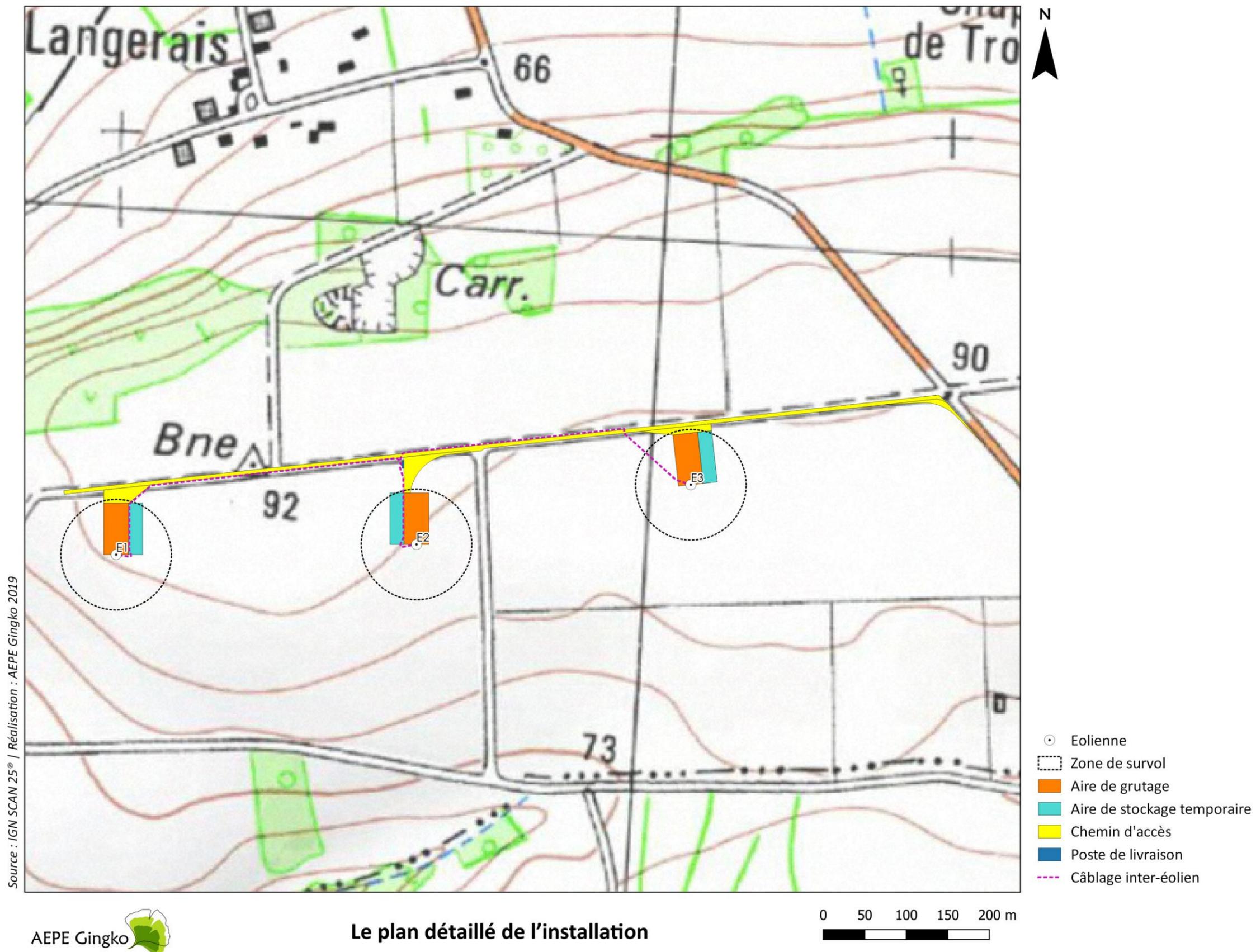
Éolienne	Coordonnées Projection Lambert 93		Coordonnées WGS84		Côte au sol NGF	Côte maximum des éoliennes NGF
	Longitude (m)	Latitude (m)	Ouest	Nord		
E1	346614	6753437	1°43'19.7411" O	47°47'10.3153" N	90 m	270 m
E2	346976	6753449	1°43'2.4186" O	47°47'11.4137" N	90 m	270 m
E3	347306	6753521	1°42'46.7755" O	47°47'14.3758" N	89 m	269 m

Les éoliennes seront accompagnées des aménagements décrits dans le tableau suivant.

Tableau 12 : Les dimensions envisagées des aménagements du parc éolien

Aménagements	Dimensions envisagées
Fondation des éoliennes	La dimension et le procédé utilisé pour le coulage des fondations seront précisés suite à étude géotechnique intervenant en amont de la construction des éoliennes
Aire de grutage des éoliennes	Surface plane d'environ 1 860 m <sup>2</sup> par éolienne réalisée en empierrement ou par la mise en œuvre d'un traitement de sol à la chaux
Poste de livraison	Surface de 23,4 m <sup>2</sup>
Chemins d'accès	Largeur de la chaussée de 5 m La création d'un chemin d'accès nécessite généralement une couche d'empierrement en matériaux granulaires ou par la mise en œuvre d'un traitement de sol à la chaux

Des aménagements temporaires auront lieu durant la phase de chantier afin de permettre l'assemblage et le montage de l'éolienne : aires de stockage. Ces aménagements ne nécessitent pas d'apport de matériaux extérieurs et consistent en un simple décapage de la terre végétale afin de s'assurer une surface plane. Suite au montage des éoliennes, les volumes de terre végétale décaissée seront remis en place.



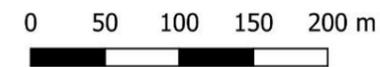
Source : IGN SCAN 25° / Réalisation : AEPE Gingko 2018



- Eolienne
- Zone de survol
- Aire de grutage
- Aire de stockage temporaire
- Chemin d'accès
- Poste de livraison
- Câblage inter-éolien



### Le plan détaillé de l'installation



Carte 14 : Le plan détaillé de l'installation sur photo-aérienne

## IV.2. LE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

### IV.2.1. LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'ÉOLIENNE

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

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

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

Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, la production électrique atteint 2 500 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 100 km/h (variable selon le type d'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

- le premier par la mise en drapeau des pales, c'est-à-dire un freinage aérodynamique : les pales prennent alors une orientation parallèle au vent ;
- le second par un frein mécanique sur l'arbre de transmission à l'intérieur de la nacelle.

Les tensions électriques de l'installation seront les suivantes :

- Nacelle : 660 V
- Transformateur au pied de l'éolienne : 660 V en entrée et 20 000 V en sortie
- Câbles inter-éoliennes et éoliennes-postes de livraison : 20 000 V
- Poste de livraison : 20 000 V
- Câbles poste de livraison-poste source : 20 000 V

Tableau 13 : Les fonctions et caractéristiques des éléments de l'installation

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
<b>Fondation</b>	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Environ 700 m <sup>2</sup>
<b>Mât</b>	Supporter la nacelle et le rotor	119 m maximum
<b>Nacelle</b>	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	Tension de 660 V
<b>Rotor / pales</b>	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	131 m maximum
<b>Transformateur</b>	Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	À l'intérieur du mât Tension de 20 kV à la sortie
<b>Poste de livraison</b>	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	23,4 m <sup>2</sup> Tension de 20 kV

#### IV.2.1.1. LE MAT

Le mât présentera une hauteur totale maximale de 119 m pour l'ensemble des éoliennes. Il sera positionné sur une fondation qui sera adaptée aux conditions de sol du site.

#### IV.2.1.2. LE ROTOR

Le rotor de l'éolienne sera équipé de trois pales qui seront protégées des intempéries par un revêtement de surface.

Les pales de l'éolienne seront conçues pour fonctionner à angle et à vitesse variables. L'angle de chaque pale sera surveillé en continu par une mesure d'angle des pales, et les trois angles seront synchronisés entre eux. Ce principe permettra d'ajuster rapidement et avec précision l'angle des pales aux conditions du vent (ce qui limite la vitesse du rotor et la force engendrée par le vent). La puissance fournie par l'éolienne sera ainsi limitée exactement à la puissance nominale, même pour des courtes durées.

L'inclinaison des pales du rotor en position dite de drapeau stoppera le rotor sans que le l'arbre d'entraînement ne subisse les effets occasionnés par un frein mécanique.

#### IV.2.1.3. LA NACELLE

L'éolienne possède un dispositif de mesure mixte installé sur le dessus de la nacelle, composé :

- d'une girouette, qui relève la direction du vent ;
- et d'un anémomètre, qui mesure la vitesse.

Le palier d'orientation de la nacelle, muni d'une couronne, est monté directement sur la connexion supérieure de la tour. Il permet la rotation de l'éolienne et ainsi de l'orienter face au vent. Les moteurs équipés de roues dentées («

moteurs d'orientation » ou moteurs de « Yaw ») s'engagent dans la couronne pour faire tourner la nacelle et l'orienter en fonction du vent.

Le poids de la nacelle est absorbé par le mât, par l'intermédiaire du palier d'orientation. Le support principal est fixé directement sur le palier d'orientation.

La commande d'orientation de l'éolienne commence à fonctionner même lorsque la vitesse du vent est faible. Même à l'arrêt, en raison, par exemple, d'une trop grande vitesse du vent, l'éolienne est tournée face au vent.

Le processus d'orientation est déterminé par le décompte des rotations du moteur d'inclinaison. Si le système de commande détecte des anomalies dans la commande d'orientation ou le vrillage des câbles, il déclenche une procédure d'arrêt.

#### IV.2.1.4. LE GENERATEUR (DANS LA NACELLE)

La nacelle est le cœur de l'éolienne. Sous l'habillage aérodynamique, elle contient :

- une plateforme de travail et de montage,
- un générateur,
- un moyeu.

Le générateur annulaire de l'éolienne est directement entraîné par le rotor (donc par les pales du rotor).

#### IV.2.1.5. L'UNITE D'ALIMENTATION AU RESEAU

L'énergie produite par les éoliennes est redirigée vers un poste de livraison qui est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Le câblage des éoliennes jusqu'au poste de livraison correspond au réseau électrique interne. Il se fera en souterrain en longeant les routes à proximité ou en plein champs conformément au plan d'implantation. Les tranchées nécessaires seront de 1 m de profondeur. En parallèle avec la pose des câbles, il sera mis en place un réseau de fibre optique afin de permettre la surveillance et le contrôle du parc éolien.

#### IV.2.1.6. L'ARRET DE L'EOLIE

L'éolienne peut être arrêtée manuellement (interrupteur Marche/Arrêt) ou en actionnant le bouton d'arrêt d'urgence. Le système de commande arrête l'éolienne en cas de dérangement, ou encore si les conditions de vent sont défavorables.

#### L'ARRET AUTOMATIQUE

En mode automatique, les éoliennes sont freinées de façon aérodynamique par la seule inclinaison des pales. Les pales du rotor inclinées réduisent les forces aérodynamiques, freinant ainsi ce dernier. Les dispositifs d'inclinaison des pales (Pitch) peuvent décrocher les pales du vent en l'espace de quelques secondes seulement en les mettant en position drapeau.

L'éolienne s'arrête si la vitesse du vent est de 25 m/s avec une valeur moyenne de 10 minutes ou si elle est de 32 m/s avec 3 secondes. Si nécessaire, ces limites peuvent être modifiées dans le système de contrôle de l'éolienne. Pour des raisons de protection de l'éolienne l'augmentation des vitesses de coupure est cependant limitée assez

rigoureusement. L'éolienne redémarre dès que les conditions correspondantes aux 10 minutes (réglage standard) ne sont plus détectées. Si nécessaire, il est possible d'adapter cette période dans le système de contrôle de l'éolienne.

L'éolienne s'arrête également automatiquement en cas de défaillance, et lors de certains événements. Certaines défaillances entraînent une coupure rapide par les alimentations de secours des pales, d'autres pannes conduisent à un arrêt normal de l'éolienne.

Selon le type de défaillance, l'éolienne peut redémarrer automatiquement. Dans tous les cas, les convertisseurs sont découplés galvaniquement du réseau pendant la procédure d'arrêt.

Lorsqu'un capteur de sécurité signale un défaut ou qu'un interrupteur correspondant se déclenche, l'éolienne est immédiatement stoppée. Les armoires de commande des pales dissocient chaque moteur de réglage des pales. Ces armoires permettent également de commuter les contacteurs présents dans chaque boîtier du rotor via des armoires de condensateurs. Les pales se mettent alors en drapeau indépendamment les unes des autres.

Lors d'un freinage d'urgence du rotor, en cas d'incendie par exemple, un frein rotor électromécanique est utilisé en plus. Un arrêt du rotor depuis sa puissance nominale s'effectue en 10 à 15 secondes.

#### L'ARRET MANUEL

L'éolienne pourra être arrêtée à l'aide de l'interrupteur Marche/Arrêt (armoire de commande). Le système de commande tournera alors les pales du rotor pour les décrocher du vent et l'éolienne ralentira puis s'arrêtera.

#### L'ARRET MANUEL D'URGENCE

Si nécessaire, l'éolienne peut être stoppée immédiatement, en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence (armoire de commande). Ce bouton déclenche un freinage d'urgence sur le rotor, avec une inclinaison rapide par l'intermédiaire des unités de réglage des pales et de freinage d'urgence. Le frein d'arrêt mécanique est actionné simultanément. L'alimentation électrique de tous les composants reste assurée.

## IV.2.2. LA SECURITE DE L'INSTALLATION

### IV.2.2.1. LES REGLES DE CONCEPTION

Les aérogénérateurs qui seront installés sur le parc éolien « Branfeul » feront 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.

#### IV.2.2.2. LA CONFORMITE AUX PRESCRIPTIONS DE L'ARRETE MINISTERIEL

L'installation sera 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 concernera notamment :

- L'éloignement 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 les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 et de 300 m d'une installation nucléaire,
- L'implantation de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens,
- La présence d'une voie d'accès carrossable entretenue permettant l'intervention des services d'incendie et de secours,
- Le respect des normes suivantes : norme NF EN 61 400-1 (version de juin 2006) ou CEI 61 400-1 (version de 2005) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne,
- L'installation conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation,
- Le respect des normes suivantes : norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010), normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009),
- L'installation conforme aux dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables,

- Le balisage de l'installation conformément aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L.6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile,
- Le maintien fermé à clé des accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison, afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements,
- L'affichage visible des prescriptions à observer par les tiers sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le(s) poste(s) 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 ultérieurement.

#### IV.2.2.3. LA GESTION A DISTANCE DU FONCTIONNEMENT DES EOLIENNES

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 parc éolien à Rostock en Allemagne.

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 logiciel de supervision (SCADA – Supervising Control And Data Acquisition) utilisé est le Nordex Control 2.

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.

#### IV.2.2.4. LES METHODES ET MOYENS D'INTERVENTION

En cas de sinistre, les pompiers seront prévenus par le personnel du site ou les riverains directement par le 18. L'appel arrivera au Centre de Traitement des Appels (CTA), qui est capable de mettre en œuvre les moyens nécessaires en relation avec l'importance du sinistre. Cet appel sera ensuite répercuté sur le Centre de Secours disponible et le plus adapté au type du sinistre.

Une voie d'accès donne aux services d'interventions un accès facilité à l'ensemble des installations.

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 m autour de l'éolienne devra être respectée.

### IV.2.3. LES OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

#### IV.2.3.1. MAINTENANCES PREVENTIVES

Les maintenances préventives, garantes du bon fonctionnement des machines à long terme, se décomposent en 4 phases et seront effectuées à tour de rôle chaque trimestre qui suite la mise en service :

- Maintenance visuelle : contrôle visuel de tous les organes principaux, structurels (mâts, échelles, ascenseurs...), électriques (câbles, connexions apparentes...) et mécaniques.
- Maintenance visuelle/graisage : vérification et mise à niveau de tous les organes de graissage (cartouches, pompes à graisse, graisseurs).
- Maintenance visuelle/électrique : contrôle de tous les organes de production et de régulation (génératrices, armoires de puissance, collecteurs tournant) ainsi que de tous les éléments électriques (éclairage, capteurs de sécurité).
- Maintenance visuelle/mécanique : contrôle des boulons de tour, vérification des couples de serrage selon un protocole défini, maintien des câbles et accessoires, moteurs d'orientation, poulies et treuils.

#### IV.2.3.2. MAINTENANCES CURATIVES

Chaque éolienne sera reliée via une connexion par modem au système central de surveillance à distance. Si une machine signale un problème ou un défaut, l'exploitant sera immédiatement averti par l'intermédiaire du système de surveillance à distance (SCADA). Le message sera automatiquement saisi par le logiciel de planification des interventions et apparaîtra sur l'écran du technicien de service sédentaire. Les équipes sur le terrain pourront accéder à tous les documents et données spécifiques de l'éolienne. Chaque opération de maintenance sera ainsi réalisée le plus efficacement et le plus rapidement possible.

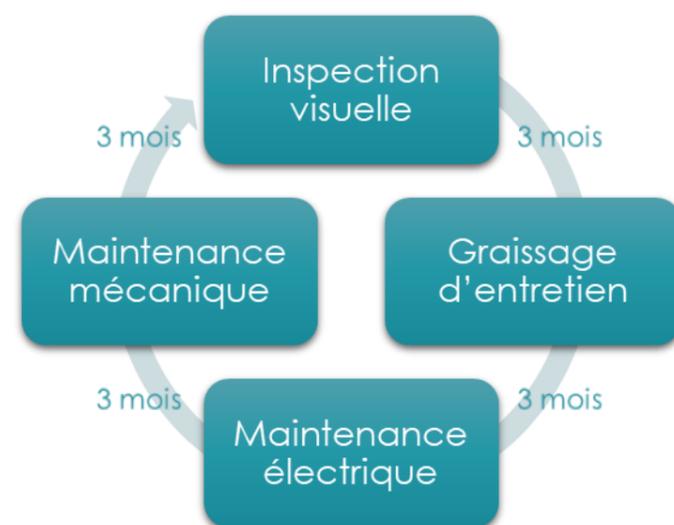


Figure 6 : Planning type de maintenance préventive

### IV.2.4. LE STOCKAGE ET LES FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

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

### IV.2.5. LE FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

#### IV.2.5.1. LES SPECIFICITES TECHNIQUES

L'installation sera mise à la terre. Les aérogénérateurs respecteront les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respecteront les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables.

Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). 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. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.

Le parc éolien « Branfeul » ne comportera aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.

#### IV.2.5.2. LE RACCORDEMENT ELECTRIQUE

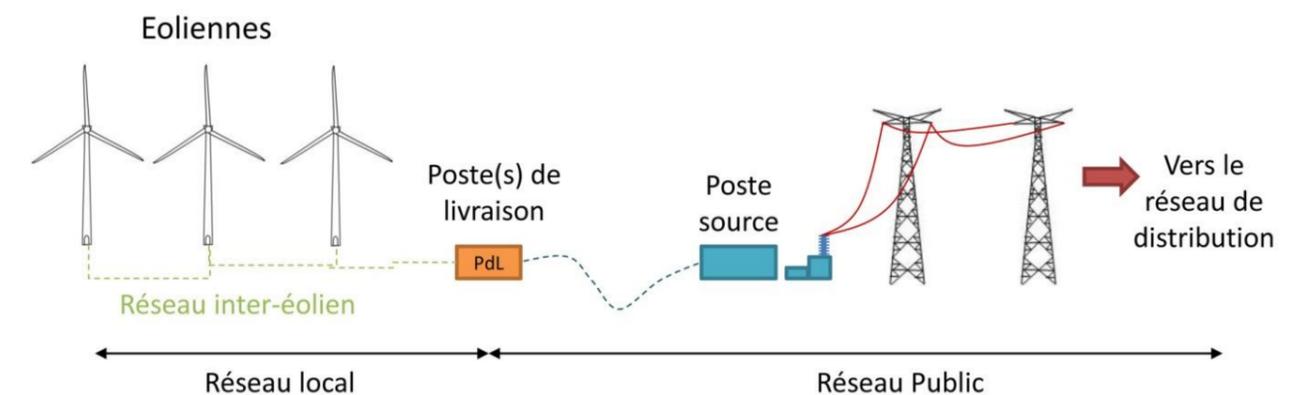


Figure 7 : Le schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

## LE RESEAU INTER-EOLIEN

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne.

Chaque éolienne sera raccordée au poste de livraison par une liaison électrique de tension égale à 20 kV (réseau inter-éolien). Ces câbles ont une section de 95 à 150 mm<sup>2</sup> et seront enfouis à environ 0,80 m - 1,20 m de profondeur.

Le linéaire de câbles pour le projet « Branfeul » sera d'environ 2 314 m.

## LE 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 avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension).

La localisation du poste de livraison est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée. Il sera localisé au nord de l'éolienne E2.

## LE RESEAU ELECTRIQUE EXTERNE

Le réseau électrique externe relie le ou les postes de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (ENEDIS). Il est entièrement enterré.

Sous réserve des conclusions de l'étude détaillée effectuée par le gestionnaire du réseau publique, le poste source pressenti pour raccorder le projet éolien au réseau public de transport d'électricité est celui de Messac. Il s'agit du poste le plus proche du projet avec une distance d'environ 10 km au nord-ouest du projet. À titre indicatif, au 28 janvier 2019, ce poste source présentait un potentiel de raccordement de 21,8 MW ainsi qu'un volume de projet en attente égal à 0,4 MW.

Au regard de la puissance de 9 MW du projet éolien « Branfeul », le raccordement au poste source de Messac semble envisageable à ce jour.

# V. L'IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

## V.1. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

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

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

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

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

Le tableau ci-après synthétise les dangers liés aux produits utilisés dans le cadre du fonctionnement de l'installation. Ces dangers dépendent de 3 facteurs :

- la nature du produit lui-même et ses caractéristiques dangereuses, traduites par sa classification au sens de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié,
- la quantité de produit stockée ou utilisée,
- les conditions de stockage ou de mise en œuvre.

Tableau 14 : La liste des produits utilisés dans les aérogénérateurs (exemple pour la NORDEX N131)

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	Huile minérale Huile synthétique	450 L	-
	Pour CCV : Optigear Synthetic / A320Optigear Synthetic X320Mobilgear SHC XMP 320		550 L ou 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 gleitmo 585 K pour CCV	Graisse 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 gleitmo 585 K pour CCV	Graisse Graisse	env. 0,5 kg	-
Transformateur	-	-	-	-

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien « Branfeul » sont :

- L'incendie : des produits combustibles sont présents le site. Ainsi, la présence d'une charge calorifique peut alimenter un incendie en cas de départ de feu.

- La toxicité : ce risque peut survenir suite à un incendie créant certains produits de décomposition nocifs, entraînés dans les fumées de l'incendie.
- La pollution : en cas de fuite sur une capacité de stockage, la migration des produits liquides dans le sol peut entraîner une pollution, également en cas d'entraînement dans les eaux d'extinction incendie.

Étant donné le confinement de ces produits et notamment des huiles, ces potentiels de dangers liés peuvent être considérés comme très faibles.

## V.2. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX DECHETS

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent. Les produits sortants concernent donc les opérations de maintenance régulières des installations, sous la forme de déchets.

Seuls deux types de déchets seront produits pendant l'exploitation du parc éolien :

- des déchets industriels banals : ces déchets concernent les pièces usagées non souillées, cartons usagers d'emballage (quantités < 1 100 litres par an), etc. ;
- des déchets industriels spéciaux : ces déchets concernent les huiles usagées (transmission), graisses, bombes à graisse usagées vides, etc.

Pour chaque catégorie de déchet, les dangers potentiels (explosif, comburant, carburant, extrêmement inflammable, ...) sont mentionnés sur les fiches de données sécurité qui les concernent en tant que produit.

À titre d'exemple, le retour d'expérience d'ENERCON montre par ailleurs que les quantités de déchets générés sont très faibles. En effet, pour un modèle de type E126 (le plus gros modèle), les déchets annuels sont de l'ordre des quantités suivantes<sup>3</sup> :

- les absorbants, matériaux filtrants (filtres à huile), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des substances dangereuses : 7 kg par an ;
- les papiers et cartons : 2 kg par an ;
- les emballages en mélange : 2 kg par an ;
- les déchets résiduels : 6 kg par an.

Les déchets produits par d'autres marques d'éoliennes de même gabarit sont du même ordre de grandeur.

<sup>3</sup> D'après le document ENERCON « ESC\_Waste\_Amount\_E-126\_after\_commissioning\_2012-02-13\_rev000\_gereeng.docx »

## V.3. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant.

Tableau 15 : Les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

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

## V.4. LA REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

### V.4.1. LES PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES

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

- Conformément à la réglementation, les éoliennes sont distantes de plus de 500 m des habitations riveraines,
- Aucune installation classée n'est située à moins de 500 m de l'éolienne la plus proche,
- Les éoliennes sont éloignées des routes à forte circulation (à plus de 200 m),
- Les éoliennes retenues respectent les recommandations de l'aviation civile,
- Les éoliennes retenues sont en dehors des servitudes de l'armée de l'air.

Les éoliennes du projet ont été dimensionnées afin de prendre en considération l'ensemble des risques liés à l'installation et son environnement.

### V.4.2. LA REDUCTION DES DANGERS LIES AUX PRODUITS

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. La quantité est estimée à environ 850 L 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. Il convient de rappeler cependant que ces produits ne sont utilisés que de manière ponctuelle et ne sont pas présents sur le site.

À noter que la nacelle fait office de bac de récupération en cas de fuite au niveau de la couronne d'orientation. Le transformateur, présent dans le pied de l'éolienne ne nécessite pas de bac de récupération car un système sec est utilisé, il ne nécessite donc 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.

### V.4.3. L'UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

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

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

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

## VI. L'ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

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

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer ce recensement. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de la presse locale ou de base 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 (<http://www.aria.developpementdurable.gouv.fr/>),
- 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 notamment pour les incidents les moins graves.

Dans l'état actuel, la base de données constituée par le groupe de travail du Syndicat des Énergies Renouvelables (SER) 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 32 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2010. Ce chiffre est à mettre en rapport avec les 3 275 éoliennes installées en France fin 2010.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2010. Cette synthèse exclut les accidents du travail et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. L'identification des causes est nécessairement réductrice. 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.

## VI.2. L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de 236 accidents dans le monde issus des descriptions de 994 accidents proposés par le CWIF. Sur les 994 accidents, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs », les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc.

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

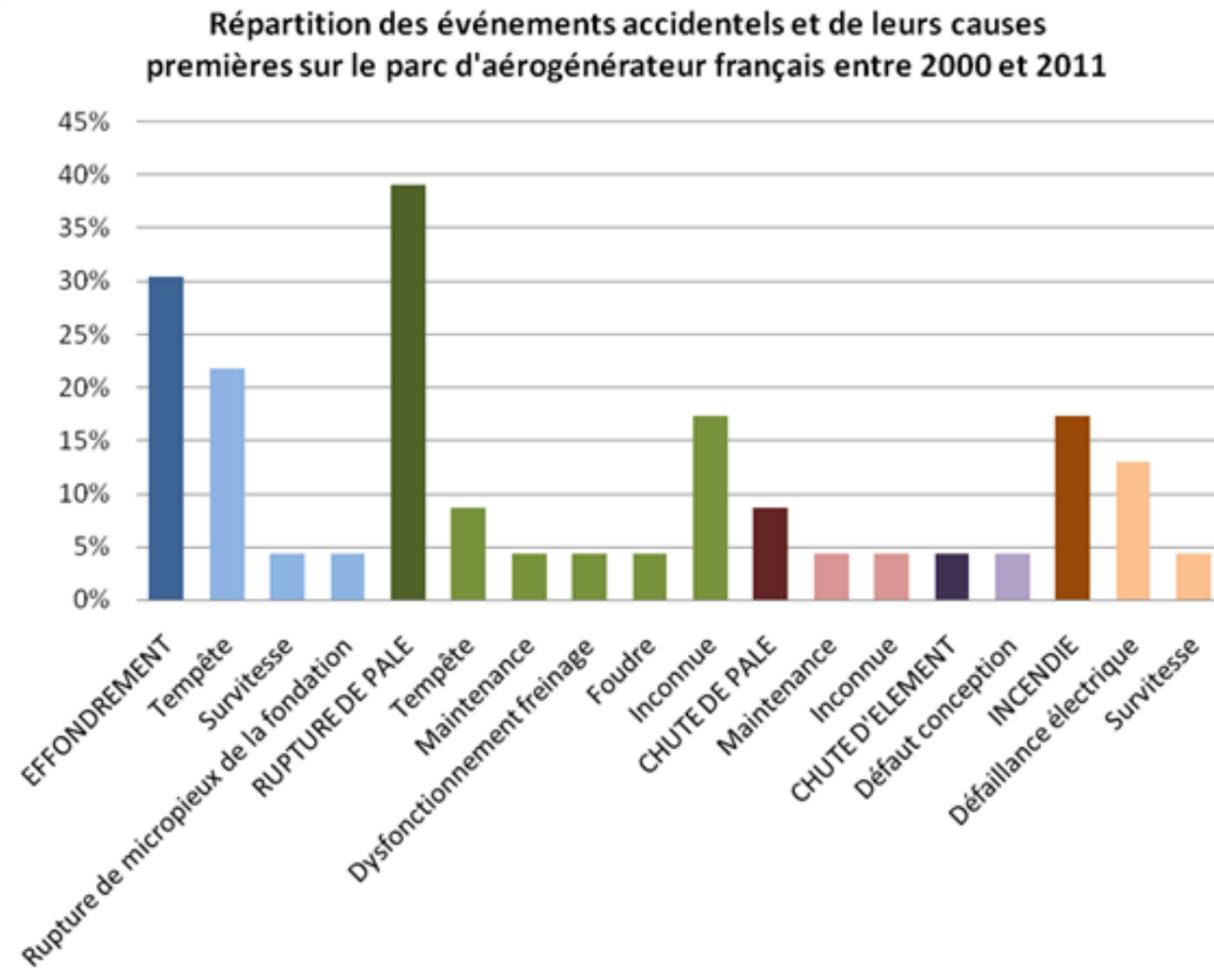


Figure 8 : Les causes premières des accidents d'aérogénérateurs en France (source FEE)

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

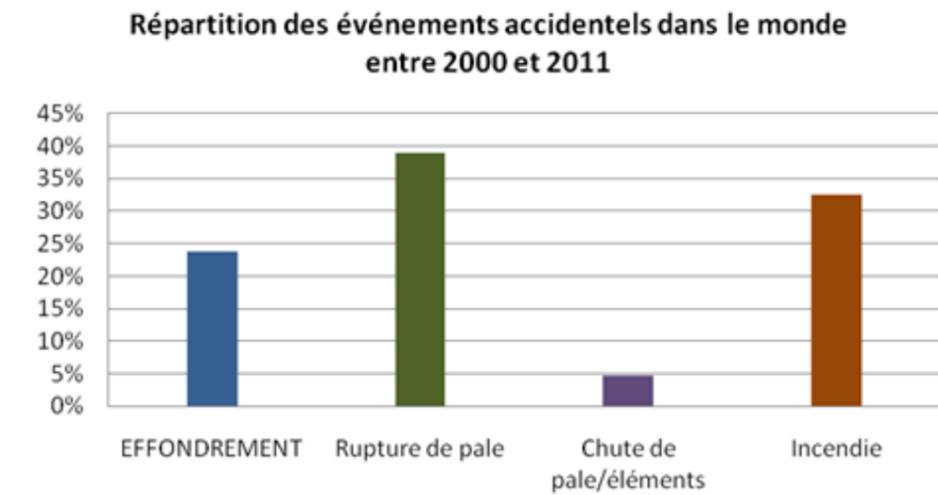
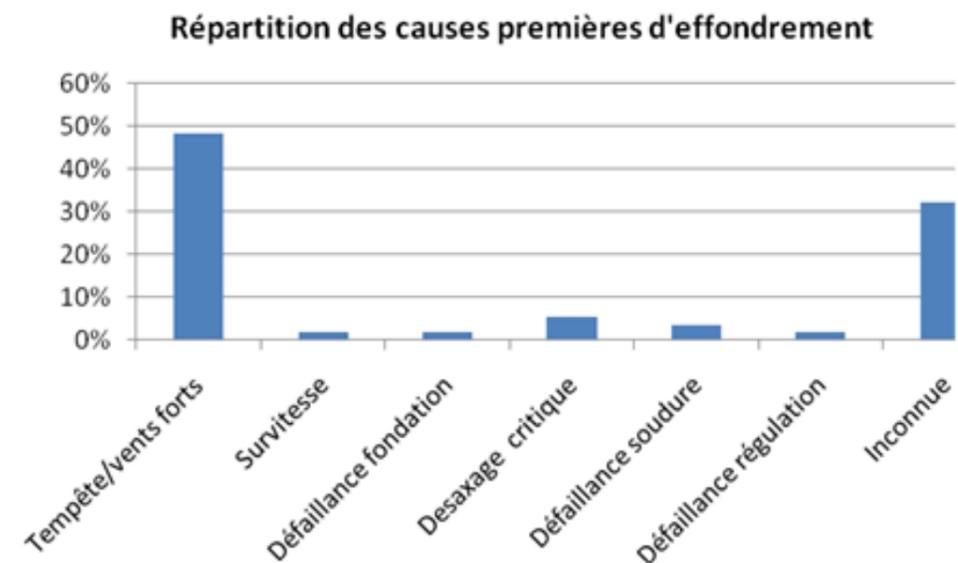


Figure 9 : Les causes des accidents d'aérogénérateurs dans le monde (source FEE)

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



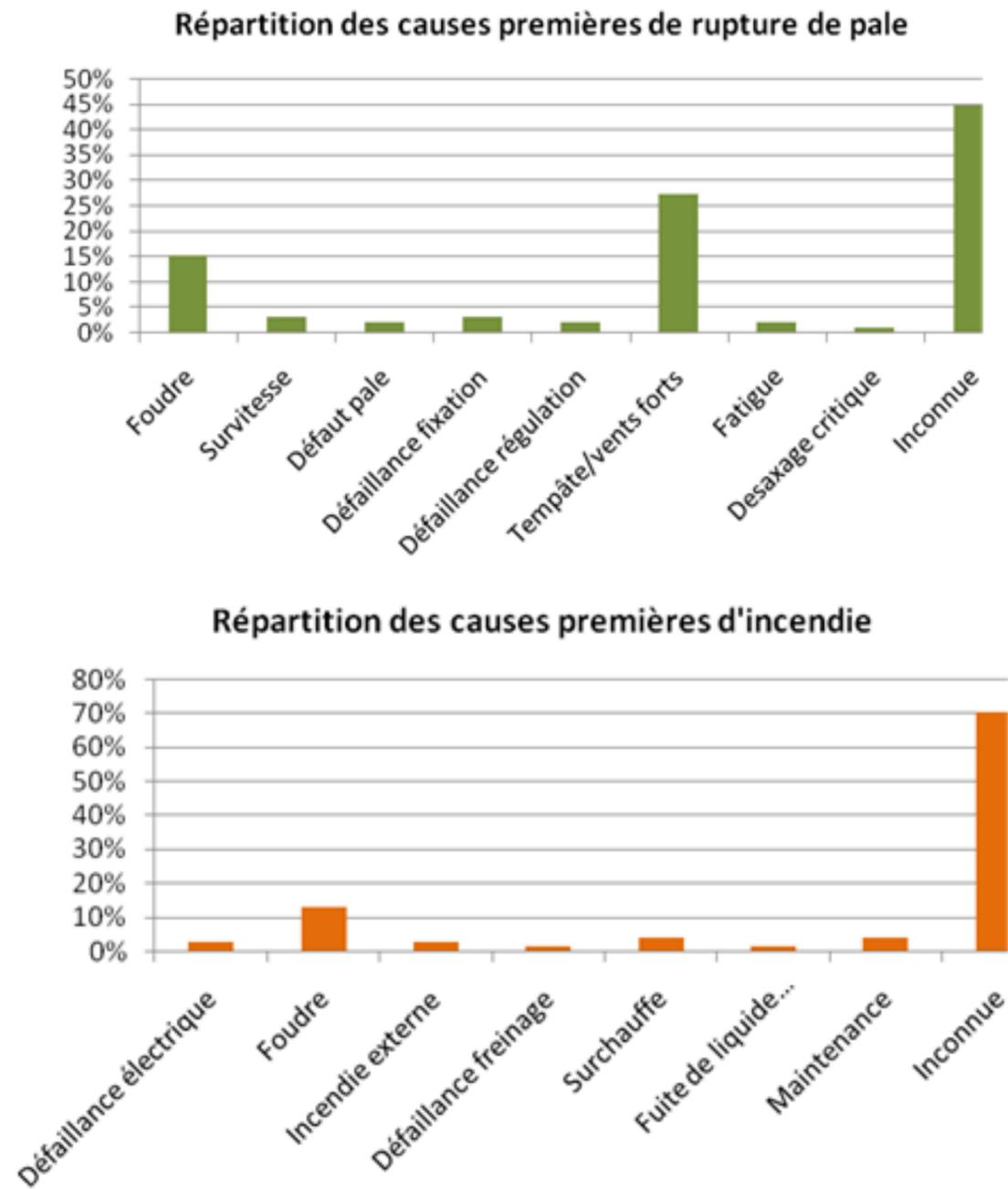


Figure 10 : Les causes premières des accidents d'aérogénérateurs dans le monde (source : FEE)

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.

## VI.3. LA SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

### VI.3.1. L'ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

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

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

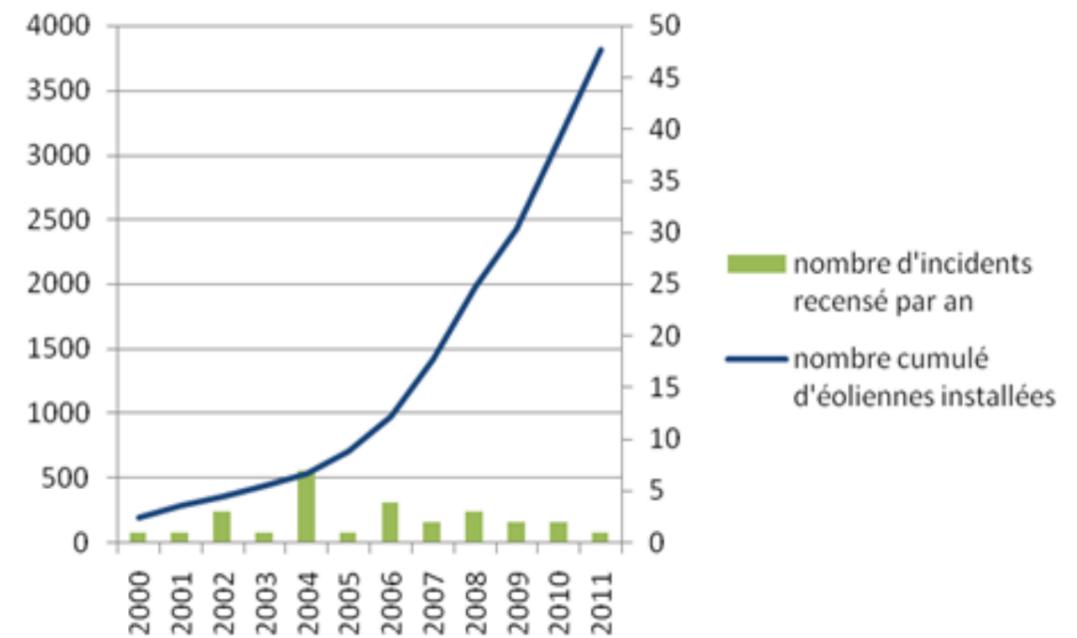


Figure 11 : L'évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : FEE)

D'après la base de données ARIA, 39 incidents ou accidents sont survenus en France entre 2002 et 2016 (moyenne de 2,6/ an). Le détail de ces accidents survenus en France de 2002 à 2016 (ARIA) est listé en Annexe 7.

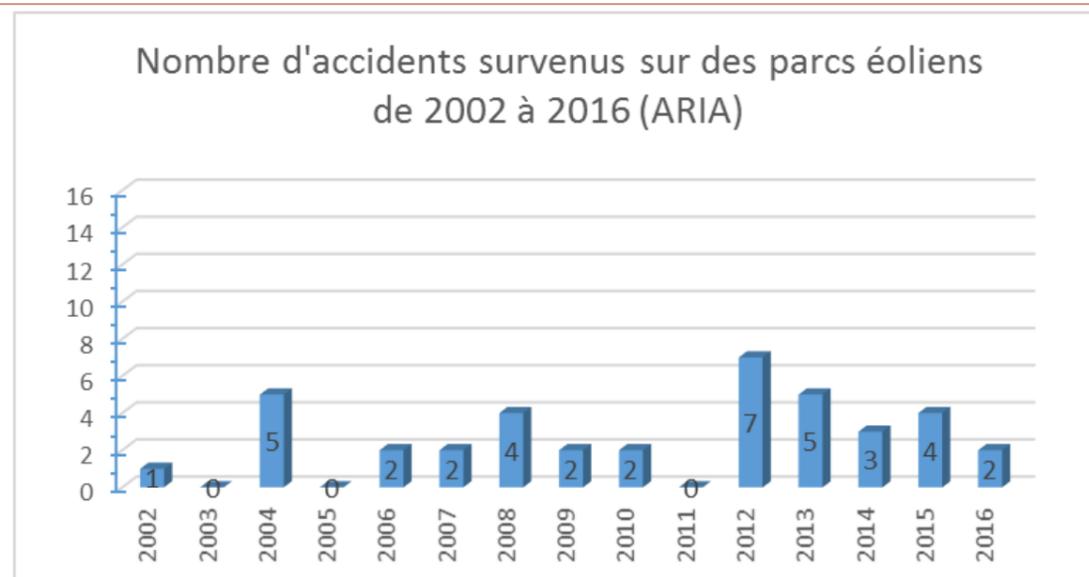


Figure 12 : Le nombre d'accidents éoliens recensés par la base ARIA entre 2002 et 2016 en France (ARIA)

### VI.3.2. L'ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS

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

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

### VI.3.3. LES ACCIDENTS/INCIDENTS SURVENUS EN REGION BRETAGNE

D'après la base de données Aria, 10 incidents ou accidents se sont déroulés sur les parcs éoliens en Bretagne de 2004 à 2018 (Cf. Annexe 3).

Aucun de ces accidents ne concerne le département d'Ille-et-Vilaine (35)..

## VI.4. LES LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

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

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

Les importantes incertitudes sur les causes et sur la séquence qui a mené à un accident : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents ;

L'analyse du retour d'expérience permet ainsi de dégager de grandes tendances, mais comportent des incertitudes importantes.

## VII. L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Les outils d'analyse des risques sont nombreux (ex : AMDEC, APR, HAZOP, etc.). La présente étude se base sur l'utilisation de la méthode APR (Analyse Préliminaire des Risques) qui est souple d'utilisation, adaptée et plus facile à mettre en œuvre et à instruire dans le contexte des éoliennes.

### VII.1. L'OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

### VII.2. LE RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

Comme cela est précisé dans la circulaire du 10 mai 2010, les événements suivants sont exclus de l'analyse des risques :

- La chute de météorite,
- Les séismes d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation applicable aux installations classées considérées,
- Les crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur,
- Les événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur,
- La chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (rayon de 2 km des aéroports et aérodromes),
- La 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,
- Les actes de malveillance.

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

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

### VII.3. LE RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

Les tableaux suivants constituent une synthèse des agressions externes identifiées.

#### VII.3.1. LES AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines. Il fournit une estimation des distances minimales séparant chaque aérogénérateur de la source de l'agression potentielle.

Seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 m (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) seront recensées ici, à l'exception de la présence des aérodromes qui sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km.

Tableau 16 : Les agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Observations	E1	E2	E3
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhiculent	Énergie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Absence de voies de circulation régionale ou nationale			Uniquement liaisons locales
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Énergie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 km	Absence d'aérodrome dans un rayon de 2 km			L'aérodrome le plus proche se situe à plus de 5 km

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Observations	E1	E2	E3
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Absence de ligne THT			Non concerné
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Énergie cinétique des éléments projetés	500 m	Absence d'aérogénérateurs d'autres parcs			Non concerné

Aucune installation classée pour l'environnement n'est présente au sein ou en limite de périmètre d'étude de dangers.

La fiche de synthèse sur les accidents et incidents dans les activités d'élevage (source ARIA) permet de caractériser les risques d'agression liés à ce type d'activité. Ainsi sur 2 686 évènements analysés entre 1992 et 2009, ont été recensés :

- 85 % d'incendies,
- 16 % de rejets de matières dangereuses ou polluantes,
- 1,2 % d'explosions.

Le risque d'incendie est lié à la présence combinée de matières combustibles en quantité (paille ou fourrage) et de sources d'allumage potentielles (installations électriques inadaptées).

Le risque d'explosion, beaucoup plus anecdotique, est quant à lui lié à la présence de cuves de fuel ou de bouteilles de gaz explosant en réaction à une source de chaleur excessive (incendie).

Ces risques ont une portée relativement limitée et la distance de plusieurs kilomètres entre le parc éolien et l'installation classée la plus proche est suffisante pour considérer le risque d'agression comme nul.

Cette activité n'induit donc pas d'évènement redouté, et de danger potentiel, au regard d'une installation éolienne.

**Aucune agression externe liée aux activités humaines n'est donc recensée.**

## VII.3.2. LES AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

Tableau 17 : Les agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
Séisme	Zone de sismicité 2, soit un risque faible.
Vents et tempête	Sur le site, la vitesse moyenne des vents m est de l'ordre de 6 m/s pour une hauteur de 60 m. Toutefois des phénomènes de tempêtes peuvent avoir lieu ponctuellement et induire des vents très violents.
Foudre	Le nombre moyen d'impacts de foudre au sol par km <sup>2</sup> /an est de 0,39. Les risques de foudroiement sont donc faibles.
Glissement de sols/ affaissement miniers	Aucun risque de ce type n'est répertorié sur la zone d'étude

Les agressions externes liées à des inondations ou à des incendies de forêt ou de cultures ne sont pas considérées dans ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques car la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée par les éoliennes.

On considère en effet 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.

**Aucune agression externe de forte intensité liée aux phénomènes naturels n'est donc recensée.**

## VII.4. LES SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE GENERIQUE DES RISQUES

Après avoir recensé, dans un premier temps, les potentiels de dangers des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux, l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) permet d'identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

Le tableau ci-dessous présente une 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'évènement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux (cf. VII.6 La 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 qualitative de l'*intensité* 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 par le groupe de travail de la 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).

Tableau 18 : Les scénarios génériques d'accidents possibles

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace	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	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Écoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage	Impact sur cible	1

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				(construction – exploitation) (N° 9)		
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
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

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

## VII.5. LES EFFETS DOMINOS

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

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

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

Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est donc proposé de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 m.

**Aucune installation classée pour l'environnement (ICPE) n'est recensée dans un périmètre de 100 m autour des éoliennes, aucun effet domino n'est donc attendu.**

## VII.6. LA MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

La troisième étape de l'analyse préliminaire des risques consiste à identifier les barrières de sécurité installées sur les aérogénérateurs et qui interviennent dans la prévention et/ou la limitation des phénomènes dangereux listés dans le tableau APR et de leurs conséquences.

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées sur les éoliennes.

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, les aspects relatifs aux fonctions de sécurité qui seront détaillés sont donc les suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité. Il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : cette colonne 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 colonne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires, pour permettre à l'inspection de comprendre leur fonctionnement
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »). Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance à travers les questions suivantes :
  - Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur.
  - Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ?
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
  - une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
  - une seconde mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes ;
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assigné. En cas de doute sur une mesure de maîtrise des risques, une note de calcul de dimensionnement peut être produite.
- **Test (fréquence)** : Il s'agit ici de reporter les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse doivent être réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Cette information, si elle est connue au moment de la réalisation de l'étude de dangers, pourra être indiquée pour chacune des fonctions de sécurité. 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)** : Il s'agit ici de fournir la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

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

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

Tableau 19 : Les fonctions de sécurité de l'installation

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non, les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de projet Éloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
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 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

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

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	<p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</p> <p>Les opérations de vidange 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.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>- d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ;</li> <li>- de récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	<p>La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne.</p> <p>Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) 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.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite		
Description	L'éolienne 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	< 1 min		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	/		
Maintenance	/		

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

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

## VII.7. LA CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

À l'issue de l'analyse préliminaire des risques, l'étude de dangers doit préciser quels scénarios sont retenus en vue de l'analyse détaillée des risques.

Dans le cadre de l'APR générique, trois catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité.

Tableau 20 : Les catégories de scénarios exclus

Nom du scénario exclu	Justification
<b>Incendie de l'éolienne (effets thermiques)</b>	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
<b>Incendie du poste de livraison</b>	En cas d'incendie du poste de livraison, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton des postes de livraison. Il est également noté que la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 Août 2011 impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
<b>Infiltration d'huile dans le sol</b>	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérés dans le sol restent mineurs. Par ailleurs le transformateur est installé dans mât et une goulotte en acier assure la collecte de toute l'huile du transformateur. Les bacs de rétention d'huile dans les postes et les sous-sols de mâts sont étanches à l'huile.

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

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

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

## VIII. L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

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

### VIII.1. RAPPEL DES DÉFINITIONS

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

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

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

Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers.

Force est néanmoins de constater que ce sont les seuls phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des éoliennes.

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode ad hoc préconisée par le guide technique nationale relatif à l'étude de dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version de mai 2012. Cette méthode est inspirée des méthodes utilisées pour les autres phénomènes dangereux des installations classées, dans l'esprit de la loi du 30 juillet 2003.

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

#### VIII.1.1. LA CINÉTIQUE

La cinétique d'un accident est la vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables. La cinétique peut être lente ou rapide. Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri. La cinétique est rapide dans le cas contraire.

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

#### VIII.1.2. L'INTENSITÉ

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

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

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

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

C'est pourquoi, pour chacun des événements accidentels retenus (chute d'éléments, chute de glace, effondrement et projection), deux valeurs de référence ont été retenues :

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

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

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

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

### VIII.1.3. LA GRAVITE

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

Tableau 21 : Les niveaux de gravité

Intensité Gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée
5. Désastreux	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
4. Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
3. Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
2. Sérieux	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
1. Modéré	Pas de zone de létalité hors établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne »

Au regard de l'occupation du sol dans le périmètre de l'étude de dangers et des éléments fournis par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers, il est possible d'estimer une présence humaine de l'ordre de :

- 1 personne par tranche de 100 ha dans les terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, boisements, friches...),
- 1 personne par tranche de 10 ha dans les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins, jardins...).

### VIII.1.4. LA PROBABILITE

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

Tableau 22 : Les niveaux de probabilité

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## VIII.2. LA CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

Dans l'ensemble de l'étude, les valeurs utilisées pour les calculs des zones d'effet sont basées sur les dimensions des éoliennes suivantes.:

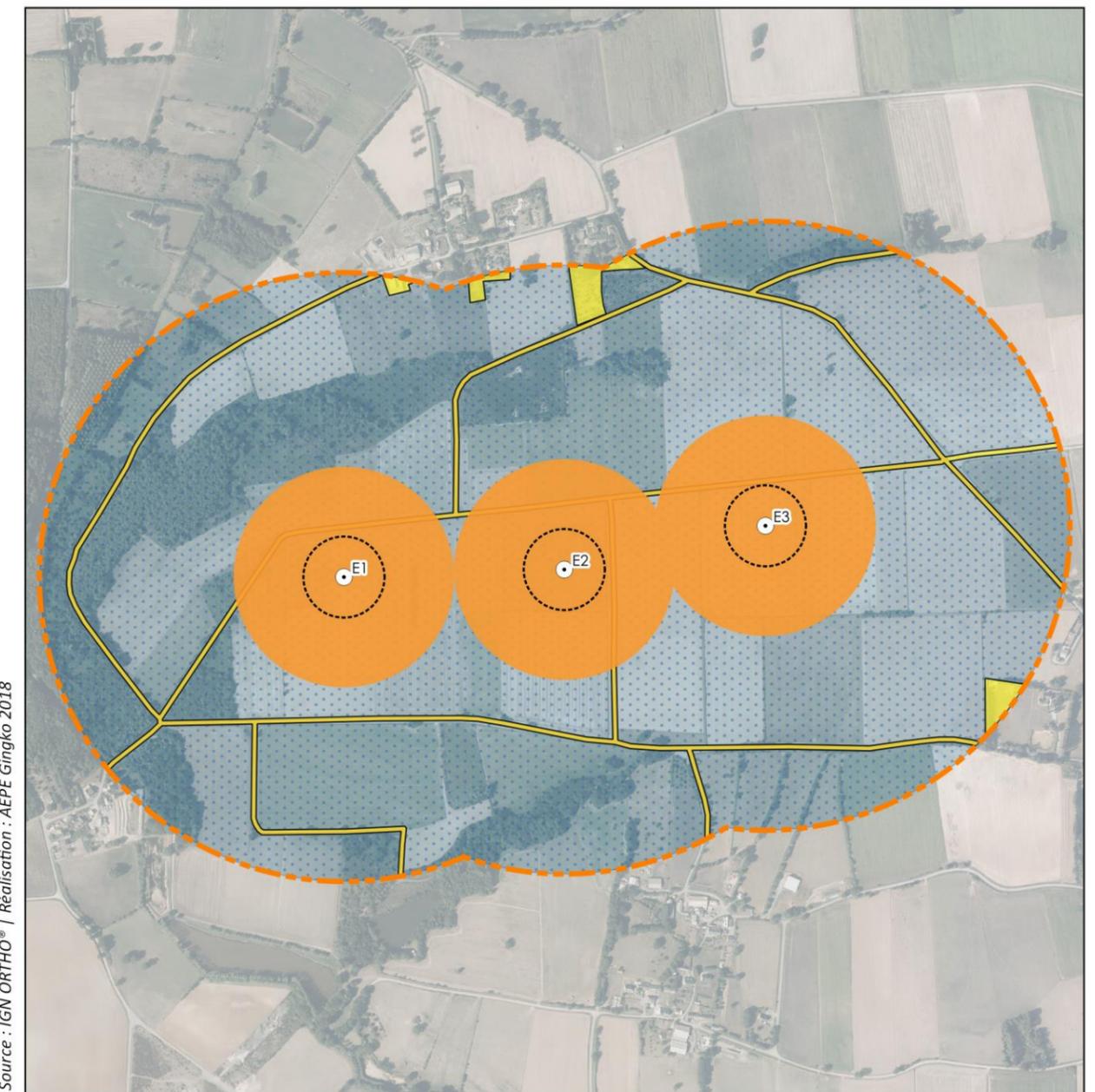
Élément	Mesure
Hauteur maximale totale (H)	180 m
Hauteur maximale du moyeu (HM)	119 m
Diamètre maximal du rotor (D)	131 m
Longueur de pale maximale = 1/2 rotor (R)	65,5 m
Largeur maximale de base de la pale (LB)	4 m
Largeur maximale de base du mât (L)	9 m

### VIII.2.1. L'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE

#### VIII.2.1.1. LA ZONE D'EFFET DE L'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE

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 180 m dans le cas des éoliennes du parc « Branfeul ».

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références [5] et [6], voir Annexe 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.



Source : IGN ORTHO® / Réalisation : AEPE Gingko 2018

AEPE Gingko  **La zone d'effet du risque d'effondrement de l'éolienne** 

-  Aire de l'étude de dangers
-  Éolienne
-  Zone de survol de l'éolienne
-  Terrain non aménagé et très peu fréquenté
-  Terrain aménagé et peu fréquenté
-  Zone d'effet du risque d'effondrement de l'éolienne

0 100 200 300 400 m

Carte 15 : La zone d'effet du risque d'effondrement de l'éolienne

### VIII.2.1.2. L'INTENSITE DE L'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien « Branfeul ». R est la longueur de pale (R= 65,5 m), H la hauteur du mât (H= 119 m), la largeur de la base du mât (L = 9 m), la largeur de la base de la pale (LB = 4 m).

Tableau 23 : L'évaluation de l'intensité pour le risque d'effondrement des éoliennes

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 180 m)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = (H \times L) + (3 \times R \times (LB / 2))$ Soit 1 526 m <sup>2</sup>	$Z_e = \pi \times H^2$ soit 106 940 m <sup>2</sup>	$D = Z_i / Z_e$ Soit 1,5 %	Exposition forte

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

### VIII.2.1.3. LA GRAVITE DE L'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE

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

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles), la zone d'effet est d'environ 10,1 ha par éolienne. Ce chiffre est à mettre en relation avec l'estimation d'une personne pour 100 ha. La fréquentation par éolienne est donc estimée à 0,102 personnes.

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication et chemins d'exploitation), la superficie concernée par le risque d'effondrement est le suivant :

- De 3 082 m<sup>2</sup> pour l'éolienne 1, soit 0,3082 ha,
- De 4 490 m<sup>2</sup> pour l'éolienne 2, soit 0,4490 ha,
- De 2 628 m<sup>2</sup> pour l'éolienne 3, soit 0,2628 ha,

Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne par 10 ha. Sur cette base, il est donc possible d'estimer que la présence humaine est très faible (entre 0,0262 et 0,0449 personne estimée selon l'éolienne) et peut être évaluée à « au plus 1 personne exposée » par éolienne.

- soit 0,031 équivalent personnes permanentes pour E1 ;
- soit 0,045 équivalent personnes permanentes pour E2 ;

- soit 0,026 équivalent personnes permanentes pour E3 ;

Notons par ailleurs que le projet n'induit aucun survol des routes départementales : la RD 52 est située à plus de 300 m de l'éolienne E3.

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.

Tableau 24 : L'évaluation du nombre de personnes concernées par la zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne

Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Total de personnes
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	Terrains aménagés mais peu fréquentés	
E1	0,102	0,03082	0,133
E2	0,102	0,04490	0,147
E3	0,102	0,02628	0,128

Tableau 25 : L'évaluation de la gravité pour le risque d'effondrement d'une éolienne

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 180 m)			
Éolienne	Nombre de personne (calcul)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,133	Présence humaine exposée inférieur à « une personne »	Sérieux
E2	0,147	Présence humaine exposée inférieur à « une personne »	Sérieux
E3	0,128	Présence humaine exposée inférieur à « une personne »	Sérieux

### VIII.2.1.4. LA PROBABILITE DE L'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE

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<sup>4</sup>, soit une probabilité de  $4,47 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

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

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

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

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

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005.

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

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

### VIII.2.1.5. L'ACCEPTABILITE DE L'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc « Branfeul », 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)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable

<sup>4</sup> Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

**Ainsi, pour le parc éolien « Branfeul », le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

## VIII.2.2. LA CHUTE DE GLACE

### VIII.2.2.1. CONSIDERATIONS GENERALES

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

Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est 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. Les données issues de la station météorologique de Rostrenen indiquent en moyenne environ 2 jours par an de forte gelée (température inférieure à -5°C)

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.

### VIII.2.2.2. LA ZONE D'EFFET DE LA CHUTE DE GLACE

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien « Branfeul », la zone d'effet a donc un rayon de 65,5 m. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

### VIII.2.2.3. L'INTENSITE DE LA CHUTE DE GLACE

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien « Branfeul ».  $Z_i$  est la zone d'impact,  $Z_e$  est la zone d'effet,  $R$  est la longueur de pale ( $R= 65,5$  m),  $SG$  est la surface du morceau de glace majorant ( $SG= 1$  m<sup>2</sup>).

Tableau 26 : L'évaluation de l'intensité du risque de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 65,5 m)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = SG$ Soit 1 m <sup>2</sup>	$Z_e = \pi \times R^2$ Soit 13 478 m <sup>2</sup>	$D = Z_i / Z_e$ Soit 0,00007 % (< 1 %)	Exposition modérée

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

### VIII.2.2.4. LA GRAVITE DE LA CHUTE DE GLACE

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

La zone d'effet concerne :

- des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Elle est de l'ordre de 1,34 ha par éolienne.
- des terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication et chemins d'exploitation). La superficie concernée par le risque de chute de glace sur ce type de terrains ne concerne aucune éolienne.

La zone d'effet est nettement inférieure à 100 ha par éolienne, il est donc possible d'estimer que la présence humaine est « inférieure à 1 personne ».

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

Tableau 27 : L'évaluation du nombre de personnes concernées par la zone d'effet de chute de glace

Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)			
Éolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	Terrains aménagés mais peu fréquentés	Total de personnes
E1	0,013	0	0,013
E2	0,013	0	0,013
E3	0,013	0	0,013



Source : IGN ORTHO® | Réalisation : AEPE Gingko 2018



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

- Aire de l'étude de dangers
- Eolienne
- Zone de survol de l'éolienne
- Terrain non aménagé et très peu fréquenté
- Terrain aménagé et peu fréquenté
- Zone d'effet du risque de chute de glace

Carte 16 : la zone d'effet du risque de chute de glace

Tableau 28 : L'évaluation de la gravité du risque de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 65,5 m)			
Éolienne	Nombre de personnes (calcul)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,013	Inférieur à 1 personne	Modérée
E2	0,013	Inférieur à 1 personne	Modérée
E3	0,013	Inférieur à 1 personne	Modérée

### VIII.2.2.5. LA PROBABILITE DE LA CHUTE DE GLACE

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

### VIII.2.2.6. L'ACCEPTABILITE DE LA CHUTE DE GLACE

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 65,5 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable

**Ainsi, pour le parc éolien « Branfeul », le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

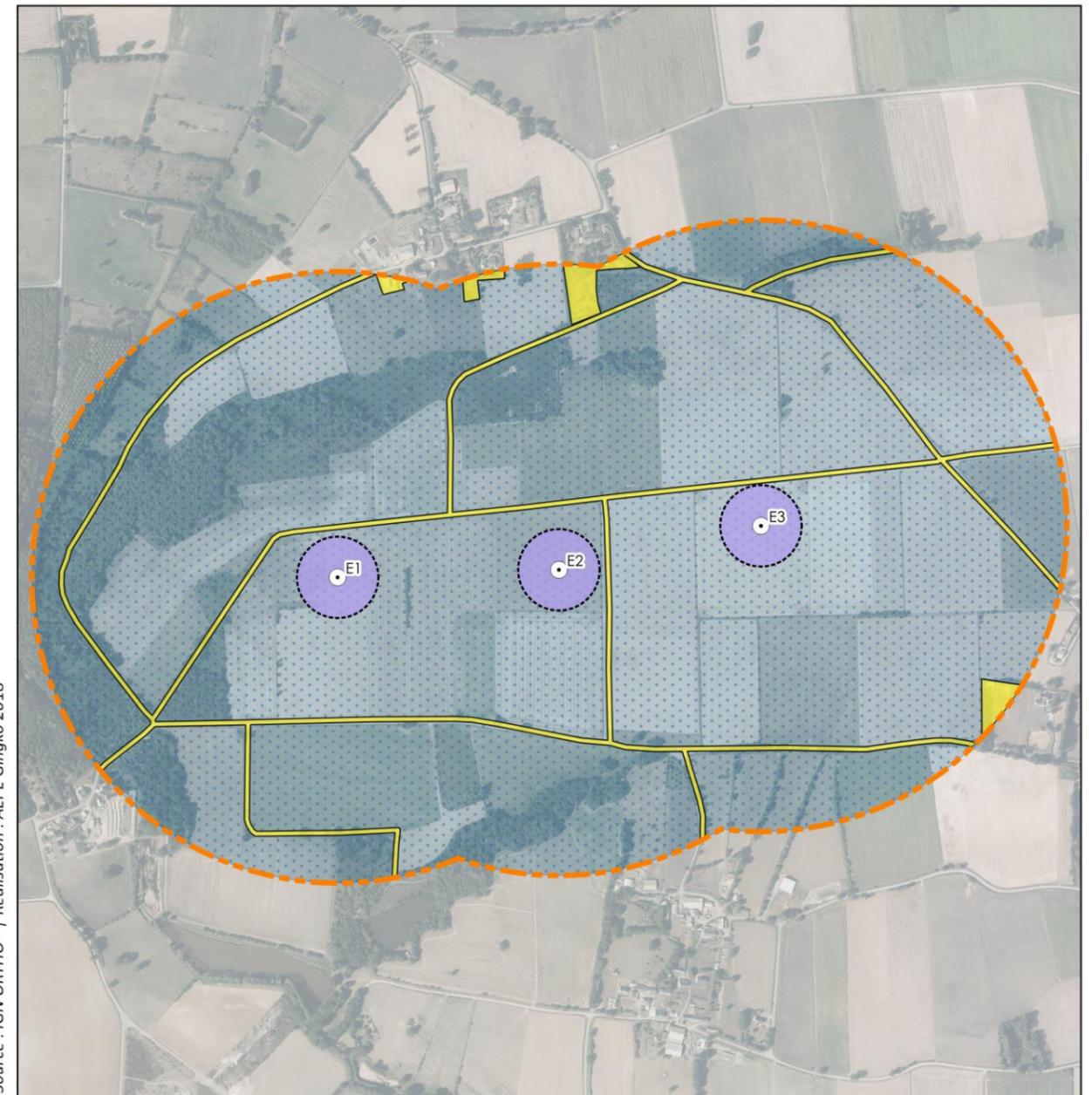
Il convient également de rappeler que, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, 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.

## VIII.2.3. LA CHUTE D'ÉLÉMENTS D'UNE ÉOLIENNE

### VIII.2.3.1. LA ZONE D'EFFET DE LA CHUTE D'ÉLÉMENTS D'UNE ÉOLIENNE

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor (65,5 m).

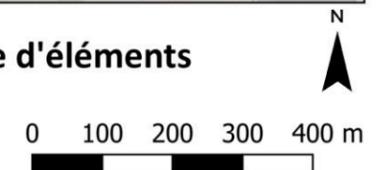


Source : IGN ORTHO® | Réalisation : AEPE Gingko 2018



### La zone d'effet du risque de chute d'éléments

- Aire de l'étude de dangers
- Éolienne
- Zone de survol de l'éolienne
- Terrain non aménagé et très peu fréquenté
- Terrain aménagé et peu fréquenté
- Zone d'effet du risque de chute d'éléments d'une éolienne



Carte 17 : la zone d'effet du risque de chute d'éléments

### VIII.2.3.2. L'INTENSITE DE LA CHUTE D'ÉLEMENTS D'UNE ÉOLIENNE

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien « Branfeul ». D est le degré d'exposition, Z<sub>i</sub> la zone d'impact, Z<sub>e</sub> la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 65,5 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 4 m).

Tableau 29 : L'évaluation de l'intensité du risque de chute d'éléments de l'éolienne

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 65,5 m)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z <sub>i</sub> = R x LB / 2 Soit 131 m <sup>2</sup>	Z <sub>e</sub> = π x R <sup>2</sup> Soit 13 478 m <sup>2</sup>	D = Z <sub>i</sub> / Z <sub>e</sub> Soit 0,0097 % (<1 %)	Exposition modérée

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

### VIII.2.3.3. LA GRAVITE DE LA CHUTE D'ÉLEMENTS D'UNE ÉOLIENNE

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

La zone d'effet concerne :

- des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Elle est de l'ordre de 1,34 ha par éolienne.
- des terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication et chemins d'exploitation). La superficie concernée par le risque de chute d'éléments sur ce type de terrains ne concerne aucune éolienne.

La zone d'effet est nettement inférieure à 100 ha par éolienne, il est donc possible d'estimer que la présence humaine est « au plus 1 personne exposée ».

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

Tableau 30 : L'évaluation de la gravité du risque de chute d'éléments de l'éolienne

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 65,5 m)			
Éolienne	Nombre de personnes (calcul)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,013	Inférieur à 1 personne	Modérée
E2	0,013	Inférieur à 1 personne	Modérée
E3	0,013	Inférieur à 1 personne	Modérée

### VIII.2.3.4. LA PROBABILITE DE LA CHUTE D'ÉLEMENTS D'UNE ÉOLIENNE

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

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

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

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

### VIII.2.3.5. L'ACCEPTABILITE DE LA CHUTE D'ÉLEMENTS D'UNE ÉOLIENNE

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

Chute d'éléments d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 65,5 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable

**Ainsi, pour le parc éolien « Branfeul », le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

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

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

### VIII.2.4.1. LA ZONE D'EFFET DE LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe 2, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail précédemment mentionné pour une projection de fragment de pale est de 380 m par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne [3] (cf. référence en annexe 6). Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 m, en particulier les études [5] et [6].

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

### VIII.2.4.2. L'INTENSITE DE LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

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

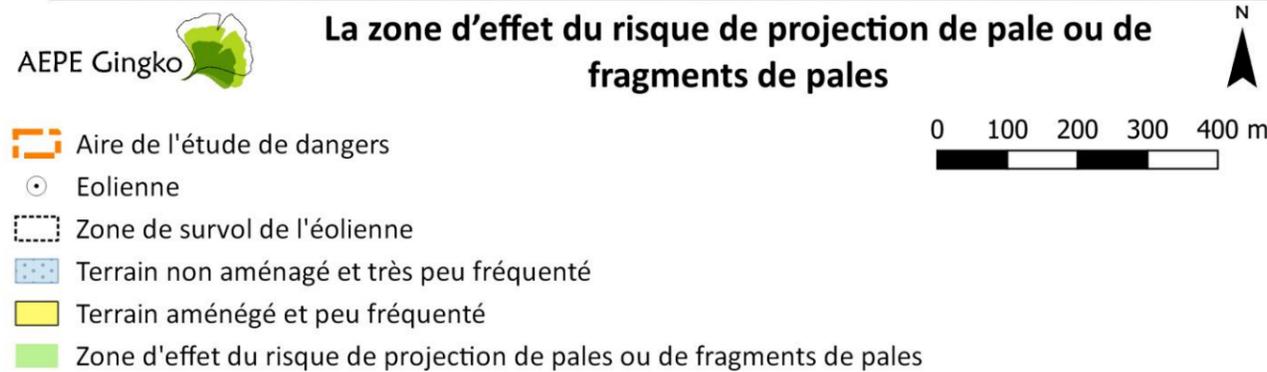
Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien « Branfeul ». D est le degré d'exposition, Z<sub>i</sub> la zone d'impact, Z<sub>E</sub> la zone d'effet, R la longueur de pale (R = 65,5 m), LB la largeur de la base de la pale (LB = 4 m) et r le rayon de projection maximale (r = 500m).

Tableau 31 : L'évaluation de l'intensité du risque de projection de pale ou de fragment de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \times LB / 2$ Soit 131 m <sup>2</sup>	$Z_E = \pi \times r^2$ Soit 785 398 m <sup>2</sup>	$D = Z_i / Z_E$ Soit 0,0002 % (< 1 %)	Exposition modérée



Source : IGN ORTHO® / Réalisation : AEPE Gingko 2018



Carte 18 : La zone d'effet du risque de projection de pale ou de fragment de pale

### VIII.2.4.3. LA GRAVITE DE LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne.

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles), la zone d'effet est d'environ 78,5 ha par éolienne. Ce chiffre est à mettre en relation avec l'estimation d'une personne pour 100 ha. Cela signifie que l'on peut estimer la présence d'un équivalent de 0,78 personnes concernées par éolienne

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication et chemins d'exploitation), la superficie concernée par le risque de projection de pales ou de fragments de pales est le suivant :

- De 3,32 ha pour l'éolienne 1,
- De 2,99 ha pour l'éolienne 2,
- De 3,72 ha pour l'éolienne 3,

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

Le tableau ci-après recense le nombre de personnes permanentes concerné dans la zone d'effet du risque de projection de pale ou de fragment de pale pour chaque éolienne.

Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)			
Éolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	Terrains aménagés mais peu fréquentés	Total
E1	0,785	0,332	1,117
E2	0,785	0,299	1,084
E3	0,785	0,372	1,157

Il est donc possible d'estimer que la présence humaine est de « Moins de 10 personnes exposées » autour des éoliennes E1, E2 et E3.

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

Tableau 32 : L'évaluation de la gravité du risque de projection de pale ou de fragment de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (dans un rayon inférieur ou égal à 500 m)			
Éolienne	Nombre de personnes (calcul)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	1,117	Moins de 10 personnes exposées	Sérieux
E2	1,084	Moins de 10 personnes exposées	Sérieux
E3	1,157	Moins de 10 personnes exposées	Sérieux

### VIII.2.4.4. LA PROBABILITE DE LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

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  $7,66 \times 10^{-4}$  événement par éolienne et par an).

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

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

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

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

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

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

### VIII.2.4.5. L'ACCEPTABILITE DE LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc « Branfeul », 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)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable

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

### VIII.2.5. LA PROJECTION DE GLACE

#### VIII.2.5.1. LA ZONE D'EFFET DE LA PROJECTION DE GLACE

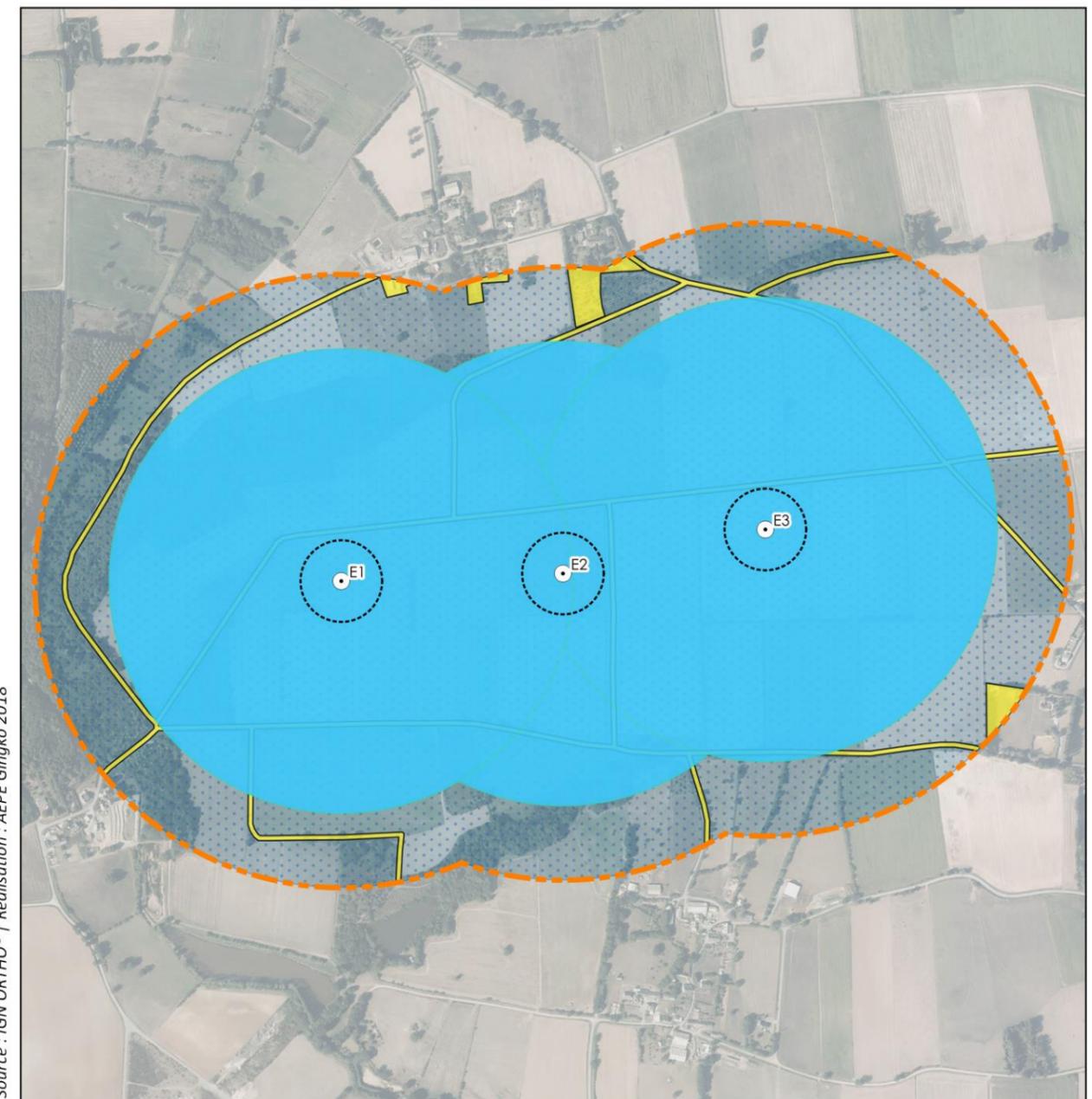
L'accidentologie rapporte quelques cas de projection de glace. Ce phénomène est connu et possible, mais n'a jamais occasionné de dommage sur les personnes ou les biens.

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

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

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures [17]. À défaut de données fiables, Les études menées par l'INERIS dans le cadre de l'élaboration d'une étude de dangers commune validée par la Direction Générale de la Prévention des Risques proposent de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

Concernant le parc éolien « Branfeul », la distance d'effet est donc évaluée à un rayon de 378,45 m autour des éoliennes.



La zone d'effet du risque de projection de glace

- Aire de l'étude de dangers
- Eolienne
- Zone de survol de l'éolienne
- Terrain non aménagé et très peu fréquenté
- Terrain aménagé et peu fréquenté
- Zone d'effet du risque de projection de glace



Carte 19 : La zone d'effet des risques de projection de glace

### VIII.2.5.2. L'INTENSITE DE LA PROJECTION DE GLACE

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m<sup>2</sup>) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien « Branfeul ». D est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 65,5 m), H la hauteur au moyeu (H= 119 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Tableau 33 : L'évaluation de l'intensité du risque de projection de morceaux de glace pour les éoliennes

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 375 m autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z <sub>i</sub> = SG soit 1 m <sup>2</sup>	$Z_E = \pi \times (1,5 \times (HM + 2 \times R))^2$ Soit 441 786 m <sup>2</sup>	$D = Z_i / Z_E$ Soit 0,000006 % ( < 1 %)	Exposition modérée

### VIII.2.5.3. LA GRAVITE DE LA PROJECTION DE GLACE

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

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles), la zone d'effet est d'environ 29,4 ha par éolienne. Ce chiffre est à mettre en relation avec l'estimation d'une personne pour 100 ha. Cela signifie que l'on peut estimer la présence d'un équivalent de 0,294 personnes concernées par éolienne

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication et chemins d'exploitation), la superficie de chaque éolienne concernée par le risque de projection de glace est la suivante :

- De 1,38 ha pour l'éolienne 1,
- De 1,64 ha pour l'éolienne 2,
- De 1,45 ha pour l'éolienne 3,

Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne par 10 ha. Ainsi, en fonction des éoliennes l'équivalent de personnes concernées par ce risque varie entre :

- De 0,138 équivalent personnes pour l'éolienne 1,
- De 0,164 équivalent personnes pour l'éolienne 2,
- De 0,145 équivalent personnes pour l'éolienne 3,

Il est donc possible d'estimer, au regard de ces éléments, que la présence humaine est « au plus 1 personne exposée » par éolienne.

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

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

Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)			
Éolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	Terrains aménagés mais peu fréquentés	Total de personnes
E1	0,442	0,138	0,580
E2	0,442	0,164	0,606
E3	0,442	0,145	0,587

Tableau 34 : L'évaluation de la gravité du risque de projection de morceaux de glace

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 378,45 m autour de l'éolienne)			
Éolienne	Nombre de personnes (calcul)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,580	Inférieur à 1 personne	Modéré
E2	0,606	Inférieur à 1 personne	Modéré
E3	0,587	Inférieur à 1 personne	Modéré

### VIII.2.5.4. LA PROBABILITE DE LA PROJECTION DE GLACE

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

- les mesures de prévention de projection de glace imposées par l'arrêté du 26 août 2011,
- le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace.

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

### VIII.2.5.5. L'ACCEPTABILITE DE LA PROJECTION DE GLACE

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 « Branfeul », la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de glace (dans un rayon de R <sub>PG</sub> = 378,45 m autour de l'éolienne)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable

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

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

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

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Il concerne les 3 éoliennes du parc « Branfeul » qui présentent un même profil de risque.

Tableau 35 : La synthèse de l'évaluation des risques étudiés

Scénario	Zone d'effet	Éolienne	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Sc1 Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale, soit 180 m	Toutes	Rapide	Exposition forte	D	Sérieux
Sc2 Chute de glace	Zone de survol soit un rayon de 65,5 m	Toutes	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré
Sc3 Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol soit un rayon de 65,5 m	Toutes	Rapide	Exposition modérée	C	Modéré
Sc4 Projection de pales ou de fragments de pales	Rayon de 500 m autour des éoliennes	Toutes	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieux
Sc5 Projection de glace	Rayon de 375 m autour des éoliennes	Toutes	Rapide	Exposition modérée	B	Modéré

### VIII.3.2. L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

		Classe de Probabilité Faible ↔ Forte				
		E	D	C	B	A
Classe de gravité Faible ↔ Forte	Désastreux					
	Catastrophique					
	Important					
	Sérieux		Sc1 et Sc4			
	Modéré			Sc3	Sc5	Sc2

Légende de la matrice :

	Niveau de risque	Acceptabilité
	Risque très faible	Acceptable
	Risque faible	Acceptable
	Risque important	Non acceptable

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée qu'aucun scénario d'accident n'est jugé inacceptable.

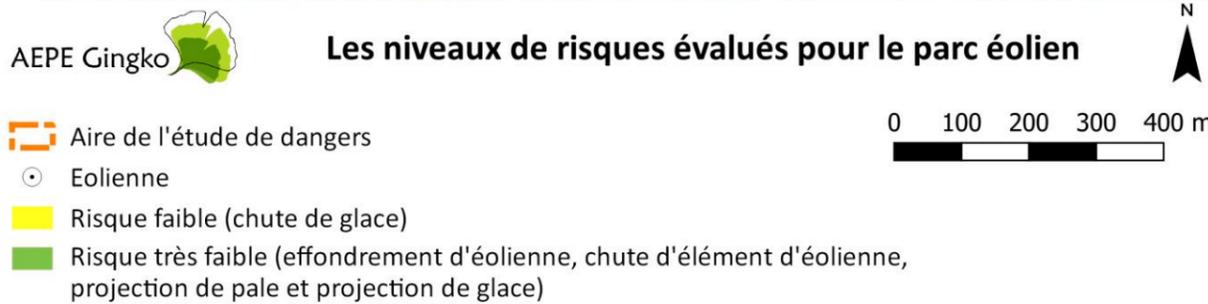
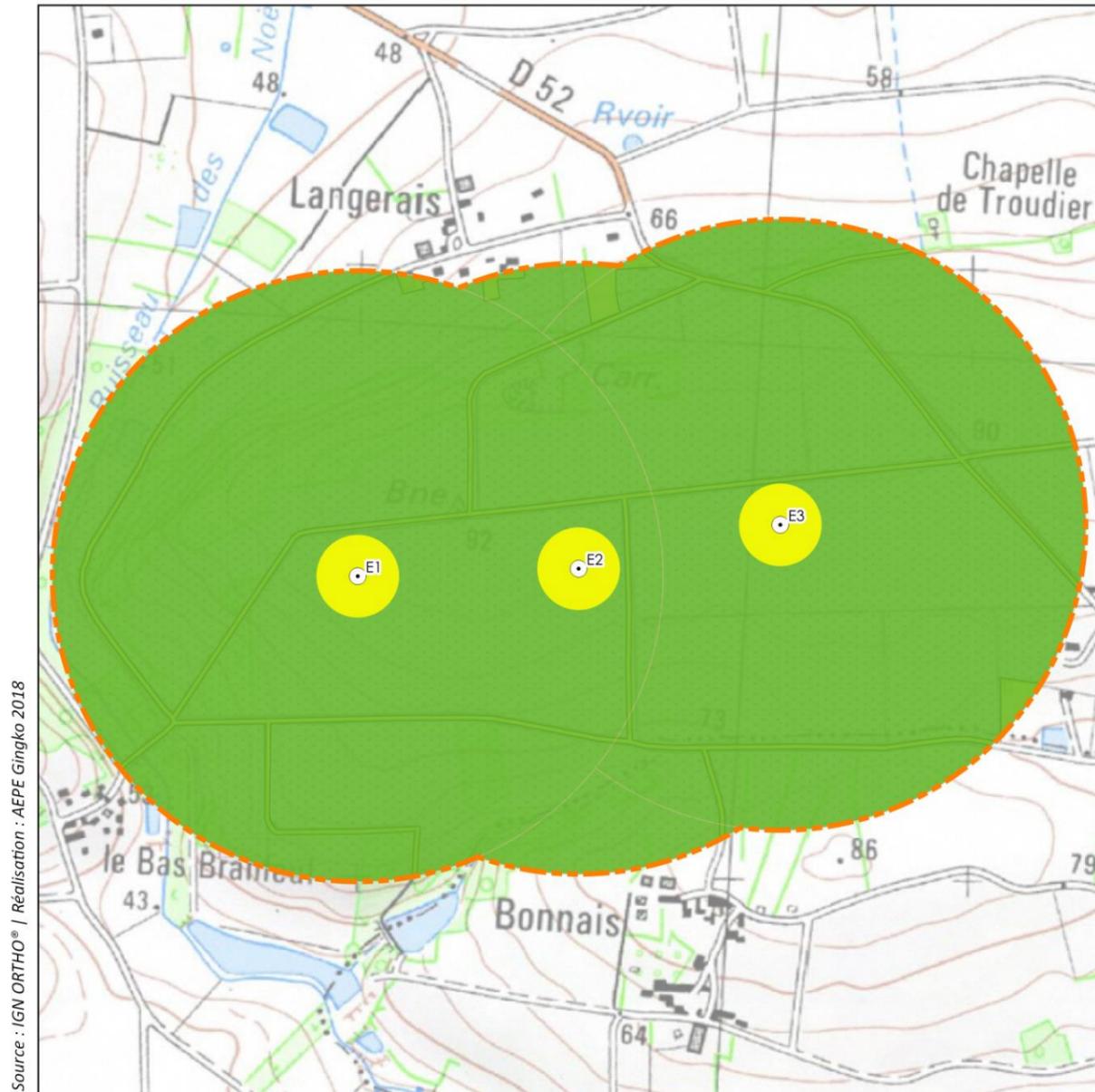
- Quatre scénarios d'accident sont concernés par des risques très faibles (cases vertes) : il s'agit des risques d'effondrement d'une éolienne, de chute d'élément de l'éolienne, de projection de pales et fragments de pales, de projection de glace. Ils ne nécessitent pas de mesures de maîtrise des risques.
- Un scénario d'accident induit un risque faible (case jaune). Il s'agit des risques de chute de glace. Il nécessite la mise en œuvre de mesures de maîtrise des risques.

Tous les scénarios d'accident liés aux installations du projet éolien « Branfeul » engendrent un risque jugé acceptable. Pour les scénarios présentant un niveau de risque très faible, aucune mesure n'est nécessaire. Pour le scénario de chute de glace, présentant un niveau de risque faible, des mesures de maîtrise des risques seront mises en place.

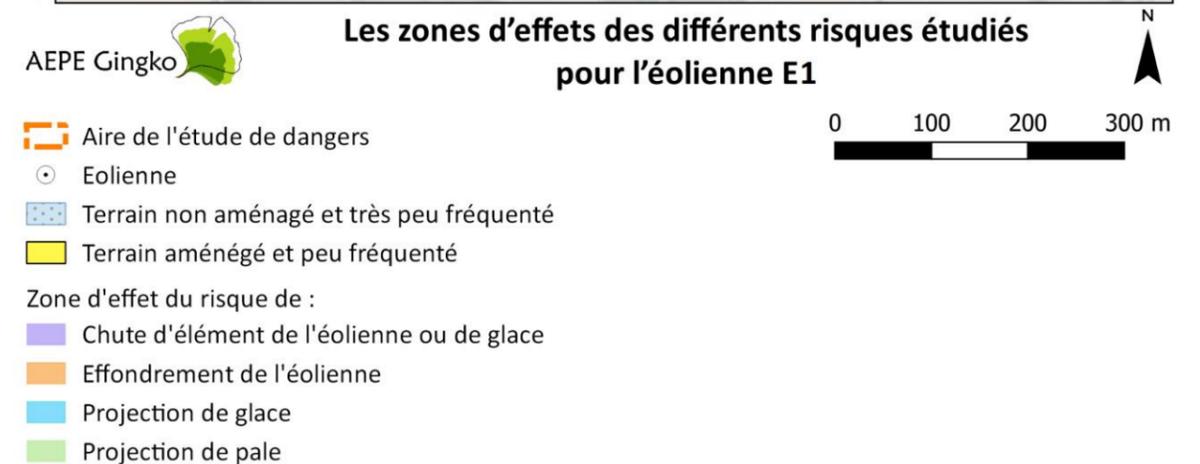
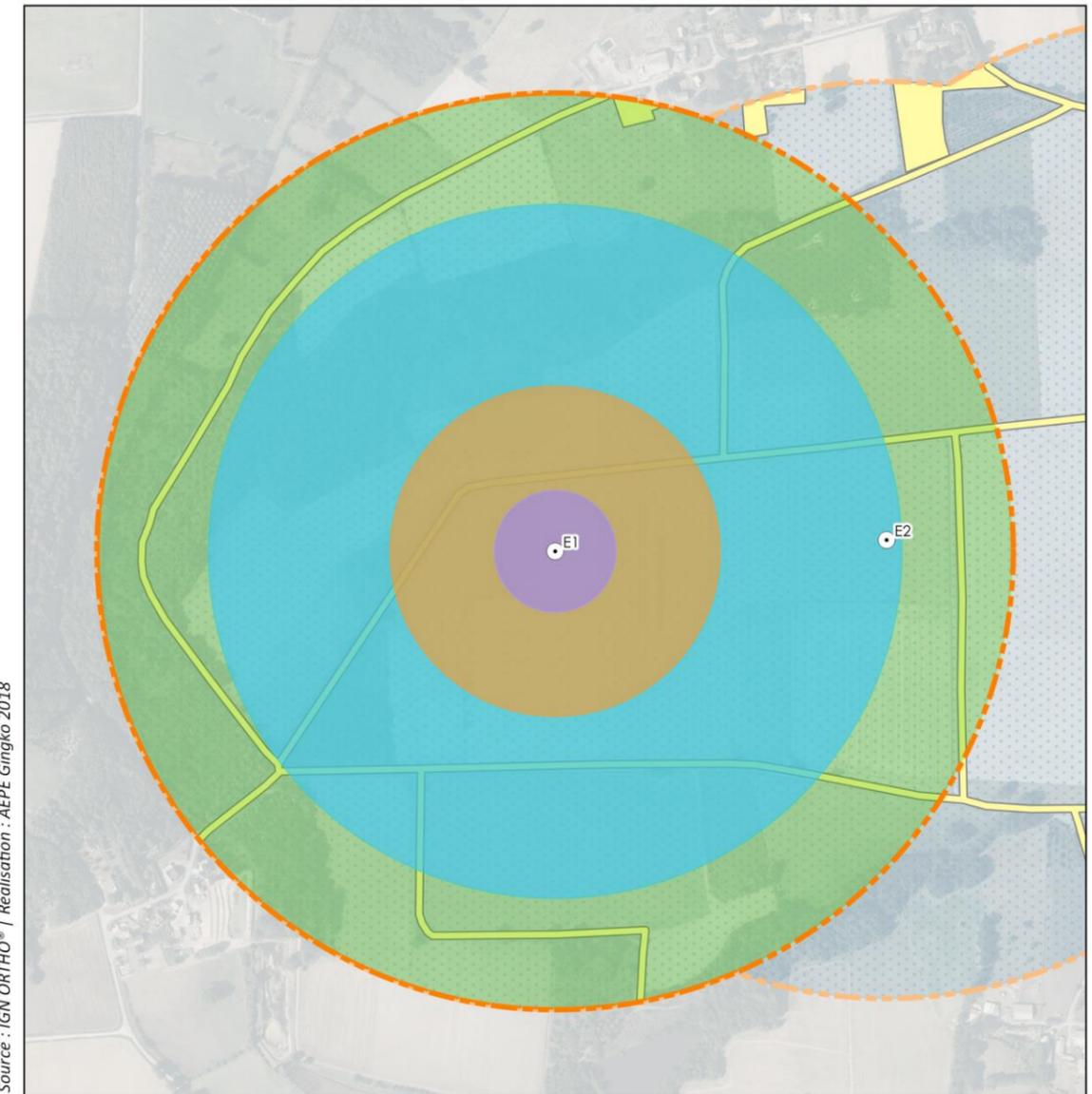
### VIII.3.3. LA CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE DES RISQUES

La carte ci-après permet d'illustrer le niveau de risque calculé à partir des différents scénarios envisagés, sachant qu'aucun risque important n'a été recensé.

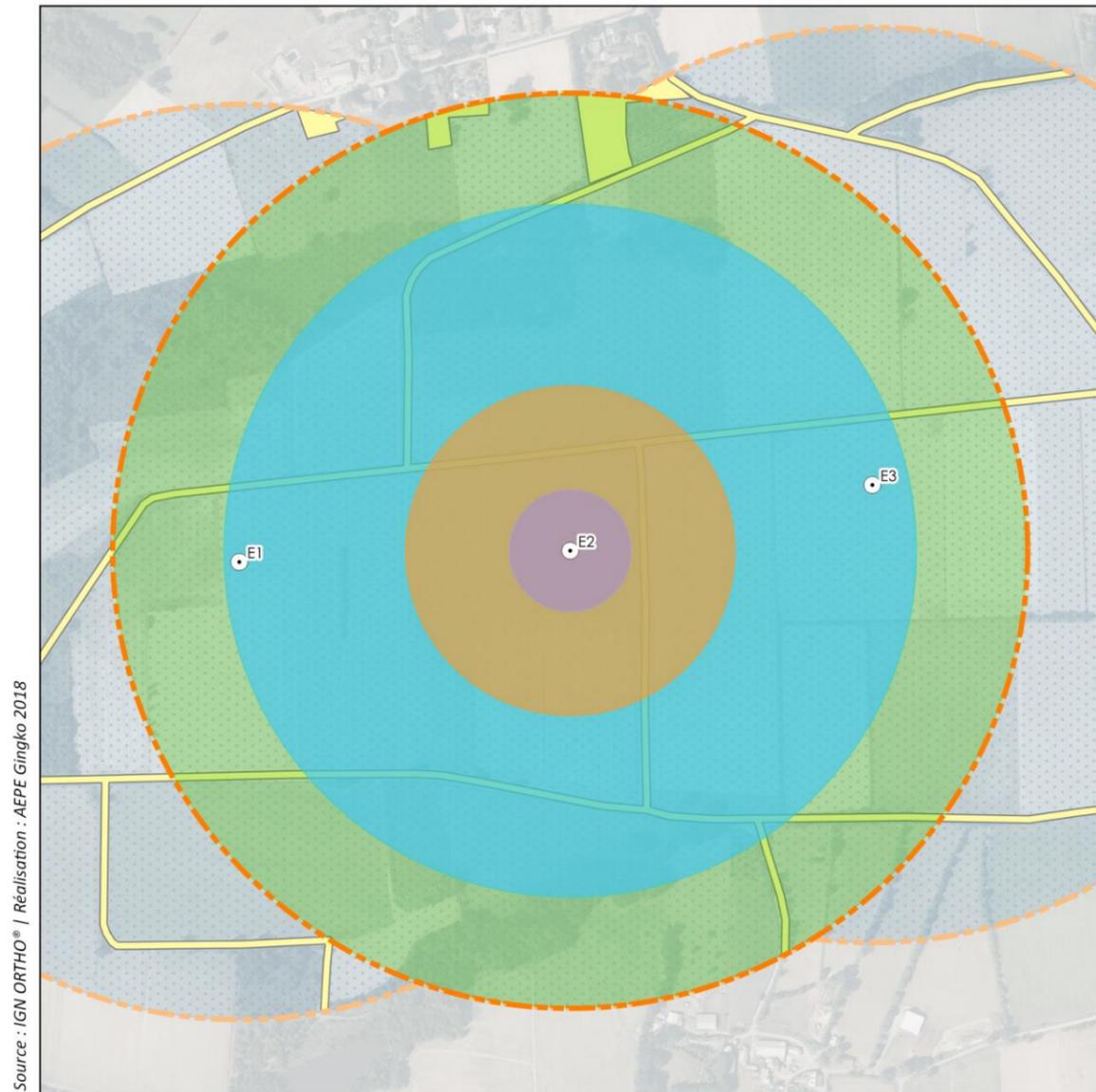
Les cartes ci-après permettent de visualiser plus précisément les zones d'effets et les risques liés aux différents scénarios de risques envisagés pour chaque éolienne du projet « Branfeuil ».



Carte 20 : Les niveaux de risques évalués pour le parc éolien



Carte 21 : Les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E1

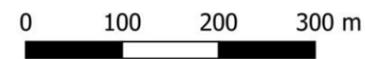


AEPE Gingko

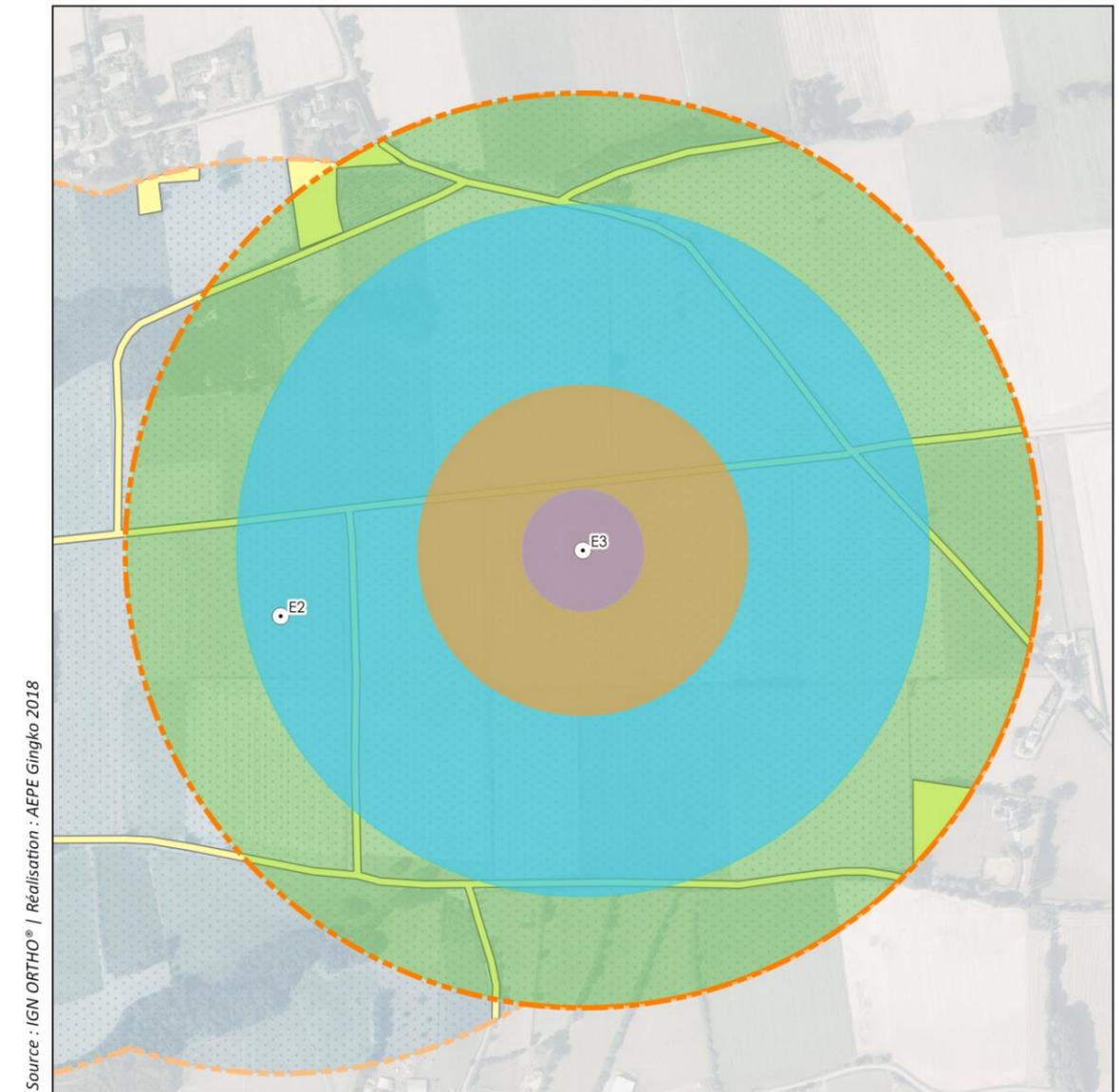
**Les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E2**



- Aire de l'étude de dangers
- Eolienne
- Terrain non aménagé et très peu fréquenté
- Terrain aménagé et peu fréquenté
- Zone d'effet du risque de :
  - Chute d'élément de l'éolienne ou de glace
  - Effondrement de l'éolienne
  - Projection de glace
  - Projection de pale



Carte 22 : Les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E2

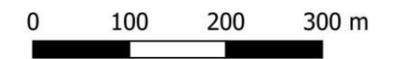


AEPE Gingko

**Les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E3**



- Aire de l'étude de dangers
- Eolienne
- Terrain non aménagé et très peu fréquenté
- Terrain aménagé et peu fréquenté
- Zone d'effet du risque de :
  - Chute d'élément de l'éolienne ou de glace
  - Effondrement de l'éolienne
  - Projection de glace
  - Projection de pale



Carte 23 : Les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E3

## VIII.4. LES MESURES DE MAITRISE DES RISQUES

Pour les scénarios d'accidents dont le niveau de risque a été jugé comme faible, il convient de souligner que les fonctions de sécurité et de maîtrise des risques suivantes seront prises. Dans le cas du présent projet, ces mesures concernent uniquement le risque de chute de glace.

Les mesures de maîtrise des risques, présentées dans le tableau ci-dessous, seront prises dans le cadre de l'exploitation du parc éolien afin de limiter le risque de chute de glace.

Tableau 36 : Les mesures de maîtrise du risque de chute de glace

Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	N° fonction de sécurité	Description de la mesure de maîtrise de risque (MMR)
Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	2	Panneautage en pied de projet Éloignement des zones habitées et fréquentées



Figure 13 : Un exemple de panneau de prévention des risques sur un parc éolien

Les mesures de maîtrise de risque mise en œuvre permettront de limiter les risques d'accident liés au phénomène de chute de glace. Rappelons que ce risque est jugé acceptable au regard de l'étude détaillée menée pour les installations du projet.

## VIII.5. LES MOYENS DE SECOURS ET D'INTERVENTION

### VIII.5.1. LES MOYENS INTERNES

Des panneaux de signalisation rappelant les consignes de sécurité ainsi que les coordonnées des secours seront placés sur les voies d'accès au site ainsi qu'à l'entrée des différents équipements (mats des éoliennes et poste de livraison).

Un kit de premiers secours sera disposé dans chacune des nacelles, ainsi qu'un extincteur. Un extincteur sera également placé en pied de mât de chaque éolienne ainsi qu'au poste de livraison. Le personnel sera formé à l'utilisation des extincteurs.

### VIII.5.2. LES MOYENS EXTERNES

La caserne d'intervention la plus proche est le centre de secours de Messac (35). Elle est située à environ 7 km des installations du parc éolien, le temps de route entre les deux est estimé à 10 mn.

#### **CIS MESSAC**

Rue : Avenue de Pelouine

Tél. : 02 99 34 79 77

### VIII.5.3. LE TRAITEMENT DE L'ALERTE

Les éoliennes font l'objet d'un suivi à distance 24h/24 et 7j/7. Toute défaillance de l'installation fait l'objet d'un message d'alerte transmis à l'exploitant.

Les messages d'alerte tels que définis par l'article 23 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 seront envoyés en moins d'une minute à l'exploitant qui est à même de contacter les services d'urgence dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'installation.

## IX. LA CONCLUSION DE L'ÉTUDE DE DANGERS

L'analyse préalable des enjeux a permis de montrer que la majorité de la zone d'étude de dangers concerne essentiellement des « terrains non aménagés et très peu fréquentés » (parcelles agricoles et forestières) et ponctuellement des « terrains aménagés et peu fréquentés » (voie de communication non structurantes, jardins).

Aucun bâtiment à usage d'habitation n'est présent au sein du périmètre d'étude de dangers.

Afin d'évaluer les risques induits par le parc éolien « Branfeul », cinq scénarios d'accidents ont été envisagés. Ils concernent tous les 3 éoliennes constituant le parc éolien. Sur ces cinq scénarios, quatre présentent un risque très faible (acceptable) :

- L'effondrement de l'éolienne,
- La projection d'une pale ou d'un fragment de pale,
- La projection de glace,
- La chute d'éléments de l'éolienne.

Un scénario présente un risque faible (acceptable):

- La chute de glace.

Ce risque a fait l'objet des mesures de maîtrise des risques suivantes : éloignement des éoliennes des lieux de vie fréquentés, installation d'un panneau d'information au pied des éoliennes.

Tous les scénarios d'accidents liés aux installations du projet de parc éolien « Branfeul » sont au final jugés acceptables.

## X. LES ANNEXES

ANNEXE 1 - LA METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE (EDD).....	64
ANNEXE 2 - L'ACCIDENTOLOGIE.....	65
ANNEXE 3 - LE RECENSEMENT ARIA DES ACCIDENTS LIES AUX PARC EOLIENS SURVENUS EN REGION BRETAGNE.....	72
ANNEXE 4 - LES SCENARIOS GENERIQUES D'ACCIDENTS POSSIBLES.....	74
ANNEXE 5 - LA PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL.....	77
ANNEXE 6 - LE GLOSSAIRE DES MOTS UTILISES DANS L'ETUDE DE DANGERS.....	77
ANNEXE 7 - LA BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES.....	79

## Annexe 1 - La méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne (EDD)

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 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.

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

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

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

**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.

### Établissements recevant du public (ERP)

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

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

- compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse et coiffeur) ;
- compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes et bureaux de poste.

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

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

**Zones d'activité** : Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas habituellement de public) : prendre le nombre de salariés (ou le nombre maximal de personnes présentes simultanément dans le cas de travail en équipes), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès.

## Annexe 2 - L'accidentologie

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide de l'étude de dangers. 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. Il a par la suite été complété par les événements récents recensés sur le site Aria.

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas-de-Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	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
									Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraft (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	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	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Oscillation anormale	18/05/2012	Fresnay-L'èveque	Eure-et-Loir	52 MW (26 éoliennes)	2008	/	Arrêt d'une éolienne dû à une oscillation anormale. 5h plus tard, chute d'une pale et du roulement.	Corrosion dues aux conditions de stockage de pièces constitutives du roulement	Aria	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute éolienne (30 m)	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	Aude	200 kW	1991	Non (ancien)	Chute du mât treillis d'une éolienne ancienne suite à des rafales de vent à 130 km/h.	Tempête (rafales de vent)	Aria	-
Projection d'élément d'une pale.	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5 MW	2011	/	Projection d'un morceau de pale à 70 m du mât.	inconnu	Aria	-
Incendie, et chute de pale	05/11/2012	Sigean	Aude	660 kW / éolienne	Non connue	/	Incendie et chute de pale des suites de l'incendie. Perte des dispositifs de pilotage, et du système de freinage.	Problème de disjoncteur, court-circuit ayant entraîné un incendie	Aria	-
Chute d'une pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	Non connue	Non connue	/	Chute de pale consécutive à un défaut de vibration.	Défaut de vibration...	Aria	-
Incendie de la nacelle et chute de pale	17/03/2013	Euvy	Marne	18 éoliennes.	Non connue	/	Incendie suite à défaillance électrique et chute de pale.	Défaillance électrique	Aria	-
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aine	Non connue	Non connue	/	Incendie suite à un arc électrique.	Arc électrique entre deux phases.	Aria	-
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	Non connue	Non connue	/	Incendie d'une armoire électrique, maîtrisé à l'aide d'extincteurs	Inconue	Aria	-
Incendie	24/05/2015	Santilly	Eure-et-Loir	Non connue	Non connue	/	Incendie d'une éolienne ; Le foyer brule sous surveillance.	Inconue	Aria	-
Chute du rotor et de 3 pales	10/11/2015	Menil-la-Horgne	Meuse	/	/	/	Chute au sol du rotor et des 3 pales. Débris disséminés sur 4000 m <sup>2</sup>	Défaillance de l'arbre lent due à un défaut de fabrication de la pièce. Cela a conduit à la rupture de la pièce par fatigue.	Aria	Débris disséminés sur 4000 m <sup>2</sup>
Chute après défaillance de l'aérofrein	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	/	/	/	Chute au sol de l'aérofrein d'une pale après rupture.	Rupture d'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein.	Aria	Informations peu précises sur la technologie défaillante

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	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 et chute de pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	1,2 MW	1999	Non	Tempête 160km/h. Chute d'une pale au sol, déchirement d'une pale retrouvée à 40 m au pied du mât.	Tempête	Aria	Non utilisable, gabarits différents. L'accident est survenu sur une éolienne de 29 m de hauteur.
Rupture et chute de pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes-d'armor	/	/	/	Rupture d'une pale et chute à 5 m du pied de l'éolienne	Défaillance du système d'orientation de la pale	Aria	-
Ecoulement d'huile	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loir	/	/	/	Écoulement d'huile, récupéré	Défaillance raccord circuit refroidissement	Aria	-
Incendie du rotor	10/08/2016	Hescamps	Somme	/	/	/	Incendie (départ de feu dans la nacelle), maîtrisé par un technicien	Défaillance électrique	Aria	-
Incendie partie haute	18/08/2016	Dargies	Oise	/	/	/	Éolienne arrêtée, suivi d'un incendie maîtrisé par les pompiers	Défaillance électrique au niveau de l'armoire électrique ou le pupitre de commande	Aria	-
Électrisation d'un technicien	14/09/2016	Les Grandes-Chapelles	Aube	/	/	/	Un technicien est électrisé lors d'une intervention à l'intérieur de l'éolienne	/	Aria	-
Rupture de pales	12/01/2017	Tuchan	Aude	/	/	/	Les 3 pales d'une éolienne toment au sol, le mât est endommagé	Casse de l'arbre lent, entraînant le désaccouplement du rotor avec le multiplicateur, du à l'endommagement du roulement avant	Aria	-
Rupture de pales	27/02/2017	Lavallée	Meuse	/	/	/	La pointe d'une pale d'éolienne se rompt	Foudre	Aria	-
Incendie dans nacelle	06/06/2017	Allonnes	Eure-et-Loir	/	/	/	Un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne	Défaut des condensateurs du boîtier électrique	Aria	-
Chute de pale	08/06/2017	Aussac-Vadalle	Charente	/	/	/	Une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol	Foudre	Aria	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute d'une pale	24/06/2017	Conchy-sur-Canche	Pas-de-Calais	/	/	/	Une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor	/		
Chute d'un aérofrein	17/07/2017	Fécamp	Seine-Maritime	/	/	/	Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne	Desserrage d'une vis anti-rotation du à des vibrations ou un problème de montage	Aria	-
Fuite d'huile	24/07/2017	Mauron	Morbihan	/	/	/	Fuite d'huile, pollution sur 2m <sup>2</sup>	Rupture d'un flexible du circuit hydraulique, vétuste	Aria	-
Chute de pale	05/08/2017	Priez	Aisne	/	/	/	Une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol	/	Aria	-
Chute du carénage d'une éolienne	08/11/2017	Roman	Eure	/	/	/	Le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol	Défaut d'assemblage des boulonnages	Aria	-
Chute d'une éolienne	01/01/2018	Bouin	Vendée	/	/	/	Lors d'une tempête, le mât d'une éolienne de 60 m de haut se brise en 2. Les 55 m supérieurs de l'éolienne chutent au sol.	Tempête + erreur humaine	Aria	-
Chute d'une pale	04/01/2018	Nixéville-Blercourt	Meuse	/	/	/	L'extrémité d'une pale d'une éolienne de 2 MW se rompt	Tempête	Aria	-
Chute d'un aérofrein	06/02/2018	Conilhac-Corbières	Aude	/	/	/	L'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol	Rupture de l'axe de fixation en carbone	Aria	-
Incendie	01/06/2018	Marsanne	Drome	/	/	/	Un feu se déclare au pied d'une éolienne dans un parc composé de 8 aérogénérateurs	Criminel	Aria	-
Incendie	05/06/2018	Aumelas	Hérault	/	/	/	Un feu se déclare dans la nacelle, des éléments chutent au sol	Dysfonctionnement électrique	Aria	-

## Annexe 3 - Le recensement ARIA des accidents liés aux parc éoliens survenus en région Bretagne

Nombre de résultats répertoriés : 10 - 27/11/2018

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ÉNERGIE ET DE LA MER / DIRECTION GÉNÉRALE DE LA PRÉVENTION DES RISQUES / SERVICE DES RISQUES TECHNOLOGIQUES / BARPI

### Résultats de la recherche "Eolienne Bretagne" sur la base de données ARIA - État au 27/11/2018

La base de données ARIA, exploitée par le ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer, recense essentiellement les événements accidentels qui ont, ou qui auraient pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publique, l'agriculture, la nature et l'environnement. Pour l'essentiel, ces événements résultent de l'activité d'usines, ateliers, dépôts, chantiers, élevages,... classés au titre de la législation relative aux Installations Classées, ainsi que du transport de matières dangereuses. Le recensement et l'analyse de ces accidents et incidents, français ou étrangers sont organisés depuis 1992. Ce recensement qui dépend largement des sources d'informations publiques et privées, n'est pas exhaustif et ne constitue qu'une sélection de cas illustratifs.

Les informations (résumés d'accidents et données associées, extraits de publications) contenues dans le présent export sont la propriété du BARPI. Aucune modification ou incorporation dans d'autres supports ne peut être réalisée sans accord préalable du BARPI. Toute utilisation commerciale est interdite.

Malgré tout le soin apporté à la réalisation de nos publications, il est possible que quelques inexactitudes persistent dans les éléments présentés. Merci au lecteur de bien vouloir signaler toute anomalie éventuelle avec mention des sources d'information à l'adresse suivante : barpi@developpement-durable.gouv.fr

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE - DGPR / SRT / BARPI -

Page 1 / 5

Nombre de résultats répertoriés : 10 - 27/11/2018

Liste de(s) critère(s) pour la recherche "bretagneok":

- Contient : éolien
- Région : BRETAGNE
- Matières dangereuses relâchées : de 0 à 6
- Conséquences humaines et sociales : de 0 à 6
- Conséquences environnementales : de 0 à 6
- Conséquences économiques : de 0 à 6

#### Accident

##### Fuite d'huile sur une éolienne

N°50898 - 24/07/2017 - FRANCE - 56 - MAURON

D35.11 - Production d'électricité

<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/50898/>

Une fuite d'huile est détectée vers 17 h sur une éolienne. La rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur en est à l'origine. Le rejet, estimé à 5 l, s'est écoulé le long du mât et quelques gouttes sont tombées au sol. L'éolienne est arrêtée et des absorbants sont disposés au sol. Le flexible est remplacé. L'éolienne redémarre le lendemain.

Une société spécialisée réalise un diagnostic de l'état des milieux sur 3 500 m<sup>2</sup> en réalisant 7 sondages du sol. Seule une zone de pollution de 2 m<sup>2</sup> sur 10 cm de profondeur est identifiée au pied du mât. Une société de traitement évacue ces graviers impactés. La vétusté du flexible serait à l'origine de la fuite.

#### Accident

##### Chute d'une pale d'éolienne

N°47763 - 07/03/2016 - FRANCE - 22 - CALANHEL

D35.11 - Production d'électricité

<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/47763/>

Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Un intervenant se rend sur place et constate les dégâts. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Il balise la zone pour prévenir des chutes possibles d'éléments du rotor. Huit autres turbines du parc sont mises à l'arrêt. Les 2 dernières, ayant fait l'objet d'une révision intégrale récente, sont maintenues en fonctionnement.

Le lendemain, le site est sécurisé. La pale est déplacée, en dehors de la zone de culture. Les gros débris composés de matériaux composites et d'éléments mécaniques métalliques, projetés sur 50 m, sont regroupés pour expertise. La totalité des 54 billes de roulement est récupérée. Les débris de petite taille ne pouvant être retirés intégralement, les exploitants des parcelles agricoles concernées sont informés. La zone d'entreposage est balisée.

#### A l'origine, une rupture du système d'orientation.

L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale. L'éolienne avait fait l'objet d'une maintenance complète en septembre 2015. Son roulement ne présentait pas d'usure anormale. Cependant, une série d'alarmes était survenue le matin de l'événement. Une panne sur un groupe hydraulique avait nécessité l'intervention des équipes de maintenance. Après réparation, l'éolienne avait été

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE - DGPR / SRT / BARPI -

Page 2 / 5

---

**Nombre de résultats répertoriés : 10 - 27/11/2018**


---

redémarrée vers 14 h.

L'exploitant prend les mesures immédiates suivantes :

- démantèlement de l'éolienne impactée ;
- réalisation d'un protocole de contrôle, par le fabricant, du roulement et de la boulonnerie de toutes les pales avant redémarrage des unités arrêtées ;
- inhibition du réarmement automatique de la turbine sur apparition d'une alarme de dysfonctionnement du système d'orientation des pales ;
- limitation de la puissance produite à 650 kW (au lieu de 800 kW) pour une période d'observation de 7 jours.

---

**Accident**
**Le vent endommage une éolienne****N°47680 - 08/02/2016 - FRANCE - 29 - DINEAULT***D35.11 - Production d'électricité*<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/47680/>

Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat. Dans les 2 cas, les manchons des pales sont restés arrimés au moyeu. L'exploitant met en sécurité les 4 éoliennes du parc. Les secours établissent un périmètre de sécurité de 350 m.

L'éolienne, de 29 m de hauteur, datait de 1999 (puissance unitaire de 300 kW).

---

**Accident**
**Déversement d'huile hydraulique dans un parc éolien****N°44197 - 03/08/2013 - FRANCE - 56 - MOREAC***D35.11 - Production d'électricité*<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/44197/>


Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m<sup>2</sup>. 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.

---

**Accident**
**Eolienne heurtée par un bimoteur de tourisme****N°42884 - 04/04/2008 - FRANCE - 29 - PLOUGUIN***D35.11 - Production d'électricité*<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/42884/>

Dans l'après-midi, l'aile d'un bimoteur de tourisme léger heurte une pale d'éolienne. Aucun blessé n'est à déplorer. Le pilote, unique passager de l'appareil, réussit à atterrir sur l'aéroport de Brest-Guivapas et déclare l'incident aux autorités de l'aviation civile. Les gendarmes localisent l'éolienne et l'entreprise chargée de sa maintenance est contactée pour l'arrêter et pratiquer une expertise.

Les mauvaises conditions météo (selon la préfecture, des "entrées maritimes" rendaient les conditions de vol difficile) ont conduit le pilote à voler au-dessous de l'altitude

---

 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE - DGPR / SRT / BARPI -

Page 3/ 5

---

**Nombre de résultats répertoriés : 10 - 27/11/2018**


---

autorisée.

**Accident****Perte de contrôle d'une éolienne****N°34340 - 10/03/2008 - FRANCE - 29 - DINEAULT***D35.11 - Production d'électricité*<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/34340/>

Au cours de fortes bourrasques soufflant à plus 100 km/h, l'une des 4 éoliennes installées depuis les années 2000 sur les hauteurs de Dinéault ne se met pas en sécurité. L'hélice tourne bien au-delà de sa vitesse de fonctionnement nominale. Un bruit assourdissant est relevé, mais toute intervention humaine se révèle trop risquée tant que la tempête ne s'est pas calmée. En accord avec les services préfectoraux et la gendarmerie, la municipalité prend un arrêté pour établir un large périmètre de sécurité autour de l'installation et interdire les accès piéton et la circulation, aucune habitation n'étant implantée à proximité immédiate de ce site de production d'électricité. Au cours d'une accalmie, l'exploitant parvient à consigner l'éolienne.

Une défaillance du système de freinage est à l'origine de l'accident.

---

**Accident**
**Chute de 70 m de trappe d'éolienne.****N°42896 - 11/10/2007 - FRANCE - 29 - PLOUVIEN***D35.11 - Production d'électricité*<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/42896/>

Dans la matinée, un chasseur traversant un parc d'aérogénérateurs découvre une pièce métallique de 50 cm de diamètre. Il alerte un voisin puis la gendarmerie en fin de journée. Il s'agit d'une trappe de visite de 50 cm de diamètre tombée de la nacelle d'une éolienne située 70 m plus haut. Celle-ci est mise à l'arrêt. L'exploitant identifie une défaillance de la charnière de la trappe et modifie l'ensemble des charnières du parc.

---

**Accident**
**Chute de pale.****N°42891 - 07/10/2006 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST***D35.11 - Production d'électricité*<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/42891/>

Une pale d'une des 5 éoliennes d'un parc se décroche et chute au sol, sans faire de victime. Deux autres événements de ce type ont déjà affecté ces aérogénérateurs en 2004 (ARIA 42887 et 42889). L'accident se produit alors que le permis de construire du site a été annulé et qu'une nouvelle demande est en cours d'instruction. Le parc sera finalement démantelé en 2011.

---

**Accident**
**Chute de morceaux d'éolienne.****N°42889 - 08/07/2004 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST***D35.11 - Production d'électricité*<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/42889/>

Par une matinée de vent fort, 3 morceaux de pales d'éolienne (2 de 2,5 m et 1 de 1,5 m)

---

 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE - DGPR / SRT / BARPI -

Page 4/ 5

---

**Nombre de résultats répertoriés : 10 - 27/11/2018**


---

sont retrouvés dans un champ. Aucun blessé n'est déplorer.

L'enchaînement de cet accident et d'un autre similaire survenu 2 semaines plus tôt (ARIA 42887) conduit le tribunal administratif de Rennes à annuler en 2005 le permis de construire délivré en 2001. Le site est démantelé en novembre 2011.

---

**Accident****Chute de pale d'éolienne.**

**N°42887 - 22/06/2004 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST**

*D35.11 - Production d'électricité*

<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/42887/>

Par une nuit de vent fort, une pale de l'une des 5 éoliennes d'un parc se brise en heurtant le mat. Après d'autres désordres similaires (ARIA 42889), le tribunal administratif de Rennes annule en 2005 le permis de construire délivré en 2001. Le site est démantelé en novembre 2011.

---

## Annexe 4 - Les scénarios génériques d'accidents possibles

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 déduction de la formation de glace
- Système de détection de glace sur la nacelle (en option)
- Système de détection de glace sur les pales (en option)
- Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor
- Arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

#### 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 où plusieurs conditions seraient réunies (Ex : Foudre + défaillance du système parafoudre = Incendie).

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

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scénarii 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. Certains dispositifs sont de série ou en option. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonction des caractéristiques du site.

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

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

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

- Déclenchement au niveau du rotor du code de freinage d'urgence, entraînant l'arrêt des éoliennes ;
- Basculement automatique de l'alimentation principale sur l'alimentation de secours (batteries) pour arrêter les aérogénérateurs et assurer la communication vers le superviseur.
- Concernant la perte de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance, celle-ci n'entraîne pas d'action particulière en cas de perte de la communication pendant une courte durée.

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

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

Les solutions aux pertes d'utilités étant diverses, les porteurs de projets pourront apporter dans leur étude de dangers 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.

Événement 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 goudons 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 5 - La probabilité d'atteinte et risque individuel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Annexe 6 - Le glossaire des mots utilisés dans l'étude de dangers

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

- Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité
- Réduction de l'intensité :
  - par action sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des vitesses de rotation, etc.
  - réduction des dangers: la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation
- La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source ».
- Réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, ou par des plans d'urgence).

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

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

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

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

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 :

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

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

**SER** : Syndicat des Energies Renouvelables

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

**INERIS** : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

**EDD** : Etude de dangers

**APR** : Analyse Préliminaire des Risques

**ERP** : Etablissement Recevant du Public

## Annexe 7 - La bibliographie et références utilisées

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- [2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- [4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- [5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005
- [6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006
- [8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- [9] Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- [10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- [13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [14] Alpine test site Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteutrois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005