



# ETUDE DE DANGERS

Projet de renouvellement du parc éolien de Hombleux 2  
Commune de Hombleux - Somme





<b>Citation recommandée :</b>	Enviroscop, septembre 2022. Etude de dangers du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2. Commune de Hombleux - Dossier de demande d'autorisation environnementale. PARC EOLIEN HOMBLEUX 2.
<b>Réalisation :</b>	Chargée d'étude : Blandine LETIENNE, ingénieure Environnement. Contrôle qualité : Nathalie BILLER, ingénieure Environnement, SIG et paysage
 	<p style="text-align: center;"><b>Enviroscop</b>  27 rue André Martin 76710 MONTVILLE  Tél. +33 (0)952 081 201 / <a href="mailto:contact@enviroscop.fr">contact@enviroscop.fr</a>  Signataire de la Charte d'engagement des bureaux d'études dans le domaine de l'évaluation environnementale (voir site du Ministère<sup>1</sup>)</p> <p style="text-align: center;"><i>Charte d'engagement des bureaux d'études dans le domaine de l'évaluation environnementale</i></p> 

Rédaction de l'étude sur la base de la « Trame type de l'étude de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), examinée par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR).

<b>Demandeur :</b>	<b>PARC EOLIEN HOMBLEUX 2</b>
<b>Maîtrise d'ouvrage déléguée / assistance à maîtrise d'ouvrage :</b>	<p style="text-align: center;"><b>Groupe KALLISTA Energy</b></p> <p style="text-align: center;">26 - 28 rue de Madrid 75008 Paris - France  Standard : +33 (0)1 58 22 18 80   Fax : +33 (0)1 58 22 18 90  <a href="http://www.KallistaEnergy.com">www.KallistaEnergy.com</a>  Chef de projet : Manon SALMON-LEGAGNEUR <a href="mailto:msalmon-l@kallistaenergy.com">msalmon-l@kallistaenergy.com</a></p>
	

<b>Éoliennes :</b>	3 éoliennes (rotor maximal de 138,25 m de diamètre, 180 m de hauteur maximale en bout de pale)
<b>Puissance du parc :</b>	10,5 MW
<b>Localisation :</b>	Hombleux (80)

<sup>1</sup> <http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-charte-d-engagement-des-bureaux,43760.html>

# TABLE DES MATIERES

<b>A. Préambule</b>	<b>6</b>	F.4 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	32
A.1 Objectif de l'étude de dangers	6	F.4-1. Analyse de l'évolution des accidents en France	32
A.2 Contexte législatif et réglementaire	6	F.4-2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	32
A.3 Nomenclature des installations classées	7	F.5 Limites d'utilisation de l'accidentologie	32
<b>B. Informations générales concernant l'installation</b>	<b>7</b>	<b>G. Analyse préliminaire des risques</b>	<b>33</b>
B.1 Renseignements administratifs	7	G.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques	33
B.2 Localisation du site	7	G.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	33
B.3 Définition de l'aire d'étude	7	G.3 Recensement des agressions externes potentielles	33
<b>C. Description de l'environnement de l'installation</b>	<b>8</b>	G.3-1. Agressions externes liées aux activités humaines	33
C.1 Environnement humain	8	G.3-2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels	34
C.1-1. Zones urbanisées	8	G.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	34
C.1-2. Etablissements recevant du public (ERP)	11	G.5 Effets dominos	35
C.1-3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base	11	G.6 Mise en place des mesures de sécurité	36
C.1-4. Autres activités pouvant présenter des enjeux humains	11	G.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	38
C.1-5. Synthèse des enjeux humains dans l'environnement de l'installation	11	<b>H. Étude détaillée des risques</b>	<b>39</b>
C.2 Environnement naturel	12	H.1 Rappel des définitions	39
C.2-1. Contexte climatique	12	H.1-1. Cinétique	39
C.2-2. Risques naturels	13	H.1-2. Intensité	39
C.3 Environnement matériel	15	H.1-3. Gravité	40
C.3-1. Risques technologiques	15	H.1-4. Probabilité	40
C.3-2. Voies de communication	15	H.1-5. Niveau de risque	41
C.3-3. Captage d'eau potable	15	H.2 Caractérisation des scénarios retenus	41
C.3-4. Autres réseaux publics et privés	15	H.2-1. Effondrement de l'éolienne	41
C.4 Cartographie de synthèse	16	H.2-2. Chute de glace	42
<b>D. Description de l'installation</b>	<b>18</b>	H.2-3. Chute d'éléments de l'éolienne	43
D.1 Caractéristiques de l'installation	18	H.2-4. Projection de pales ou de fragments de pales	44
D.1-1. Caractéristiques générales d'un parc éolien	18	H.2-5. Projection de morceaux de glace	45
D.1-2. Caractéristiques du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2	19	H.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques	46
D.2 Fonctionnement de l'installation	20	H.3-1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	46
D.2-1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur	20	H.3-2. Synthèse de l'acceptabilité des risques	46
D.2-2. Sécurité de l'installation	24	H.3-3. Cartographie des risques	47
D.2-3. Opérations de maintenance de l'installation	26	<b>I. Conclusion</b>	<b>49</b>
D.2-4. Stockage et flux de produits dangereux	27	<b>J. Annexes</b>	<b>50</b>
D.2-5. Fonctionnement des réseaux de l'installation	27	J.1 Cadre méthodologique	50
<b>E. Identification des potentiels de dangers de l'installation</b>	<b>28</b>	J.1-1. Contexte de l'éolien	50
E.1 Potentiels de dangers liés aux produits	28	J.1-2. Application du régime des installations classées aux parcs éoliens	50
E.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	28	J.1-3. Réglementation relative à l'étude de dangers	51
E.3 Réduction des potentiels de dangers à la source	29	J.1-4. Démarche générale de l'étude de dangers	52
E.3-1. Principales actions préventives	29	J.2 Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne	53
E.3-2. Utilisation des meilleures techniques disponibles	29	J.2-1. Terrains non bâtis	53
<b>F. Analyse des retours d'expérience</b>	<b>30</b>	J.2-2. Voies de circulation	53
F.1 Inventaire des accidents et incidents en France	30	J.2-3. Chemins et voies piétonnes	54
F.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international	31	J.2-4. Logements	54
F.3 Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant	32	J.2-5. Etablissements recevant du public (ERP)	54
		J.2-6. Zones d'activité	54
		J.3 Tableau de l'accidentologie française	55
		J.4 Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques	69
		J.4-1. Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)	69
		J.4-2. Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)	69

J.4-3.	Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)	69
J.4-4.	Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)	70
J.4-5.	Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)	70
J.4-6.	Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)	70
J.5	Probabilité d'atteinte et Risque individuel	70
J.6	Glossaire	71
J.7	Bibliographie et références utilisées	72

### Liste des illustrations

Tableau 1 :	La nomenclature ICPE pour l'éolien	7
Tableau 2 :	État des documents d'urbanisme des communes dans l'aire d'étude de dangers	8
Tableau 3 :	Distance d'éloignement aux lieux-dits les plus proches des éoliennes du projet	8
Tableau 4 :	Nombre de jours moyen de gels et épisode neigeux	12
Tableau 5 :	Nombre de jours moyen de vents violents (rafales)	12
Tableau 6 :	Liste des arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle des communes dans l'aire d'étude de dangers	13
Tableau 7 :	Nombre de jours moyen d'orages	14
Tableau 8 :	Grille de lecture de l'estimation des enjeux humains	16
Tableau 9 :	Coordonnées et altitudes des éoliennes et du poste de livraison du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2	19
Tableau 10 :	Caractéristiques du modèle d'éolienne du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2	19
Tableau 11 :	Synthèse du fonctionnement des éoliennes Enercon E138	22
Tableau 12 :	Synthèse du fonctionnement des éoliennes Vestas V136	24
Tableau 13 :	Exemple des quantités estimées de lubrifiants présents dans une éolienne N149	28
Tableau 14 :	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	28
Tableau 15 :	Principales agressions externes liées aux activités humaines	33
Tableau 16 :	Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels	34
Tableau 17 :	Analyse préliminaire des risques	34
Tableau 18 :	Mesures de sécurité	36
Tableau 19 :	Scénarios exclus de l'étude détaillée	38
Tableau 20 :	Définition de l'intensité des effets	39
Tableau 21 :	Définition des seuils de gravité	40
Tableau 22 :	Définition des échelles de probabilité	40
Tableau 23 :	Définition des niveaux de risques et de leur acceptabilité	41
Tableau 24 :	Intensité de l'effondrement d'une éolienne	41
Tableau 25 :	Gravité du risque de l'effondrement d'une éolienne	42
Tableau 26 :	Fréquence d'effondrement d'une éolienne d'après la littérature	42
Tableau 27 :	Niveau de risque et d'acceptabilité de l'effondrement d'une éolienne	42
Tableau 28 :	Intensité de chute de glace	42
Tableau 29 :	Gravité du risque de chute de glace	43
Tableau 30 :	Niveau de risque et d'acceptabilité de chute de glace	43
Tableau 31 :	Intensité de chute d'éléments	43
Tableau 32 :	Gravité du risque de chute d'éléments de l'éolienne	43
Tableau 33 :	Niveau de risque et d'acceptabilité de chute d'éléments	44
Tableau 34 :	Intensité de projection de pale ou de fragments de pale	44
Tableau 35 :	Gravité de projection de pale ou de fragments de pale	44
Tableau 36 :	Fréquence de projection de tout ou partie de pale d'après la littérature	45
Tableau 37 :	Niveau de risque et d'acceptabilité de projection de pale ou de fragments de pale	45
Tableau 38 :	Intensité de projection de morceaux de glace	45
Tableau 39 :	Gravité de projection de morceaux de glace	46
Tableau 40 :	Niveau de risque et d'acceptabilité de projection de morceaux de glace	46
Tableau 41 :	Synthèse des scénarios étudiés	46

Tableau 42 :	Définition des niveaux de risques	47
--------------	-----------------------------------	----

Carte 1 :	Situation du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2 et de l'aire d'étude de dangers	8
Carte 2 :	Éloignement des éoliennes aux habitations et zones destinées à l'habitat	10
Carte 3 :	Synthèse des enjeux humains et matériels dans la zone d'étude de dangers	12
Carte 4 :	Fréquence des tornades en France	13
Carte 5 :	Zonages sismique	13
Carte 6 :	Localisation du projet de renouvellement et risques naturels	14
Carte 7 :	Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E2	16
Carte 8 :	Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E3	17
Carte 9 :	Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E4	17
Carte 10 :	Plan simplifié du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2	19
Carte 11 :	Synthèse des risques de l'éolienne E2	47
Carte 12 :	Synthèse des risques de l'éolienne E3	48
Carte 13 :	Synthèse des risques de l'éolienne E4	48

Figure 1 :	Précipitations et températures	12
Figure 2 :	Risques naturels majeurs dans les communes de l'aire d'étude de dangers	13
Figure 3 :	Schéma simplifié d'un aérogénérateur	18
Figure 4 :	Schémas de principe des emprises au sol d'une éolienne	18
Figure 5 :	Schéma d'une éolienne Enercon E138 HH110,13	22
Figure 6 :	Schéma d'une éolienne Vestas V136 HH112	24
Figure 7 :	Principe du raccordement électrique des installations	27
Figure 8 :	Présentation des raccordements envisagés pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2	27
Figure 9 :	Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français	30
Figure 10 :	Répartition des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs mondial	31
Figure 11 :	Répartition des principales causes des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs mondial	31
Figure 12 :	Évolution du nombre d'incidents annuels en France et puissance raccordée	32
Figure 13 :	Démarche d'analyse des risques	53
Figure 14 :	Nombre de personnes exposées sur les voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic	54

## A. PREAMBULE

### A.1 OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société **PARC EOLIEN HOMBLEUX 2** pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et à la complexité des installations et de leurs risques.

Cette étude précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, 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.

Nous rappellerons ici les définitions de danger et de risque retenues dans la présente étude :

**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 ». (Glossaire des risques technologiques, circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers).

**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).

### A.2 CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 181-25, **l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.**

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

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

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

- 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 ;
- 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 ;
- les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.

De même, la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les **règles méthodologiques applicables aux études de dangers**, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 [11] précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

### A.3 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 pour l'éolien

N°	A – Nomenclature des installations classées		
	Désignation de la rubrique.	A, E, D, S, C (1)	Rayon (2)
2980	Production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent (ensemble des machines d'un site) :		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m ;</li> <li>■ Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât à 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 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• supérieure ou égale à 20 MW .....</li> <li>• inférieure à 20 MW .....</li> </ul> </li> </ul>	A	6
		A D	6

(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement (2) Rayon d'affichage en kilomètres / Décret n°2011-984 du 23 août 2011

Le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2 comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m (mât + nacelle de 116 m au maximum) : **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 environnementale.

#### ■ CAS DES EOLIENNES ET METHODOLOGIE

Le cadre juridique de l'activité de la production d'énergie éolienne a été modifié depuis la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite « Loi Grenelle 2 ». En effet, depuis le 14 juillet 2011 les éoliennes sont désormais inscrites à la nomenclature des activités soumises au respect des règles applicables **aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)**.

L'éolien est l'une des branches des énergies renouvelables les plus matures, sa technologie étant désormais bien maîtrisée. Sa croissance dans le monde est considérable depuis une quinzaine d'années et la puissance éolienne totale installée s'élevait à 743 GW fin 2021 (source : SDES). En France, des éoliennes sont opérationnelles depuis 1991 (Port-La-Nouvelle). Au 31 décembre 2021, la France totalisait 18,9 GW de puissance installée sur son territoire (source : SOeS).

**Très peu d'accidents majeurs** sont recensés d'après d'un retour d'expériences important à travers le monde.

Dans la Circulaire du 29 août 2011, relative aux conséquences et orientations du classement des éoliennes dans le régime des installations classées (DEVP1119997C), le ministre de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement précise que « *les études de dangers, désormais exigibles pour les éoliennes soumises à autorisation, pourront présenter un caractère plus léger que bon nombre d'autres installations classées, bien plus dangereuses, dans un souci de proportionnalité* ».

La présente étude de dangers respecte les prescriptions de l'article R.512-9 du Code de l'environnement et a donc été réalisée sur la base de la « *Trame type de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens* » achevée par l'INERIS (version de Mars 2012). En effet, le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2 est représentatif au sens où il ne présente aucune particularité ni dans sa taille, ni dans sa conception, ni dans son implantation.

Par ailleurs, ce guide est le **référentiel officiel** pour l'élaboration des études de dangers de parc éolien validé par la Direction Générale de la Prévention de Risques (DGPR) du ministère en charge de l'environnement en 2012 et transmis à toutes les DREAL pour l'instruction des dossiers éoliens.

## B. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### B.1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Société porteuse du projet : PARC EOLIEN HOMBLEUX 2

- Adresse du siège : 26-28 rue de Madrid 75008 PARIS - France
- Forme juridique : Société en nom collectif
- Capital social : 1 000,00 Euros
- RCS : 449 456 102 R.C.S. Paris
- Activité exercée : Production d'électricité

### B.2 LOCALISATION DU SITE

Le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, composé de 3 **aérogénérateurs**, est localisé sur la commune de Hombleux en région Hauts-de-France. Les éoliennes sont à 530 m des habitations les plus proches. La plus proche étant la ferme du Calvaire à Hombleux.

Les positions des éoliennes sont présentées dans le Tableau 9 page 19 et dans la Carte 1 en page 8.

### B.3 DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à **l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur**. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe H.2- 4.

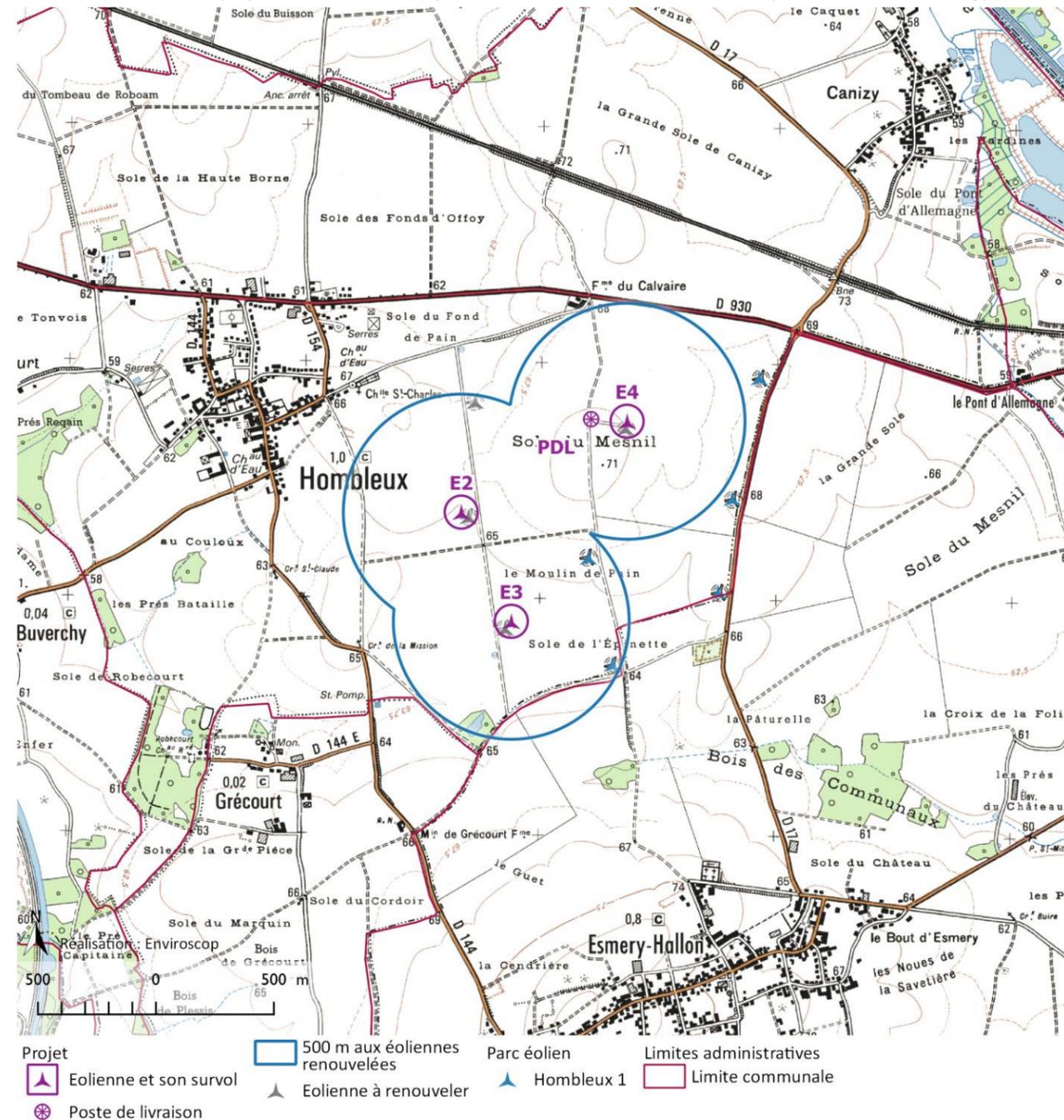
Note. Dans le document, sans mention précisant l'éolienne concernée, le terme « aire d'étude » fera référence aux aires d'étude de toutes les éoliennes du parc (notamment lors de la description de l'environnement de l'installation).

L'aire d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison. Les modélisations réalisées dans le cadre du **guide de l'INERIS ont en effet démontré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter**.

L'aire d'étude (périmètre de 500 m de rayon autour des éoliennes) du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2 se situe sur les communes de Hombleux (commune d'implantation) et de Esmerly-Hallon.

Carte 1 : Situation du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2 et de l'aire d'étude de dangers

Réalisation Enviroscop. | Carte au 1/25000 | Sources : IGN SCAN 25, ADMIN Express, KALLISTA Energy



## C. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans l'aire d'étude de l'installation, afin d'identifier :

- les principaux intérêts à protéger (enjeux humains extérieurs à l'installation)
- et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels : environnement naturel et environnement matériel).

### C.1 ENVIRONNEMENT HUMAIN

#### C.1-1. Zones urbanisées

A Hombleux et Esmery-Hallon, les habitations sont principalement regroupées dans les cœurs de bourgs, ainsi que dans de rares hameaux ou fermes isolées. **Aucune habitation ne se situe dans le périmètre de l'aire d'étude de dangers**, à savoir 500 m autour des éoliennes du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.

Tableau 2 : État des documents d'urbanisme des communes dans l'aire d'étude de dangers

PLUi : plan local d'urbanisme intercommunal | RNU : Règlement National d'Urbanisme | Sources : DATAR, 2016. Etat par commune des POS, PLU et cartes communales (CC) au 31 décembre 2016, Géoportail de l'urbanisme, Consultation 2022, CC de l'Est de la Somme (internet).

Commune	Document en vigueur	Approbation	Prescription en cours
Commune dont le village est dans l'aire immédiate			
Esmery-Hallon	PLU	17/12/12	Elaboration du PLUi de l'Est de la Somme Prescription du 13/09/2018
Hombleux	PLU	18/02/2013 (Révision en 2014)	

L'aire de 500 m autour des éoliennes et les éloignements des éoliennes aux habitations les plus proches sont indiqués dans le tableau suivant et en Carte 2 en page 10.

Tableau 3 : Distance d'éloignement aux lieux-dits les plus proches des éoliennes du projet

Réalisation Enviroscop. | Sources : bâti selon cadastre, PLU de Hombleux, PLU de Esmery-Hallon, KALLISTA Energy

Habitations et zones destinées à l'habitat dans les documents d'urbanisme	E2	E3	E4	Distance minimale
HOMBLEUX Ferme du Calvaire	0,99 km	1,36 km	0,53 km	<b>0,53 km</b>
HOMBLEUX Bourg	0,68 km	1,07 km	1,17 km	<b>0,68 km</b>
GRÉCOURT Ferme Moulin de Grécourt	1,33 km	0,97 km	1,95 km	<b>0,97 km</b>
GRÉCOURT Bourg	1,26 km	1,11 km	2,03 km	<b>1,11 km</b>
ESMERY-HALLON Bourg	1,84 km	1,33 km	1,98 km	<b>1,33 km</b>
HOMBLEUX Canizy	2,19 km	2,39 km	1,42 km	<b>1,42 km</b>
EPPEVILLE le Pont d'Allemagne	2,40 km	2,35 km	1,64 km	<b>1,64 km</b>
EPPEVILLE Bourg	2,57 km	2,49 km	1,82 km	<b>1,82 km</b>
HOMBLEUX Bacquencourt	1,86 km	2,23 km	2,50 km	<b>1,86 km</b>
BUVERCHY Bourg	1,94 km	2,08 km	2,72 km	<b>1,94 km</b>
OFFOY Ecluse n°4	2,70 km	3,12 km	2,23 km	<b>2,23 km</b>
SANCOURT la Fosse Cody	3,23 km	3,37 km	2,44 km	<b>2,44 km</b>
MUILLE-VILLETTE Vilette	3,92 km	3,54 km	3,52 km	<b>3,52 km</b>
Distance minimale	0,68 km	0,97 km	0,53 km	0,53 km

*Les éoliennes du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2 sont toutes éloignées de 530 m environ au minimum de toute construction à usage d'habitation et de toute zone destinée à l'habitat définie dans le document d'urbanisme opposable en vigueur au moment du dépôt et à la date définie dans l'arrêté ICPE (13/07/2010).*

*Trois lieux de vie sont à moins de 1 km d'une éolienne :*

*# la Ferme du Calvaire à HOMBLEUX, dont l'éolienne la plus proche des habitations est E4 à environ 530 m, soit un léger rapprochement par rapport à la situation actuelle (560 m) s'expliquant par le recul à la canalisation enterrée de gaz sous pression, et dont l'éolienne E2 est à 990 m ;*

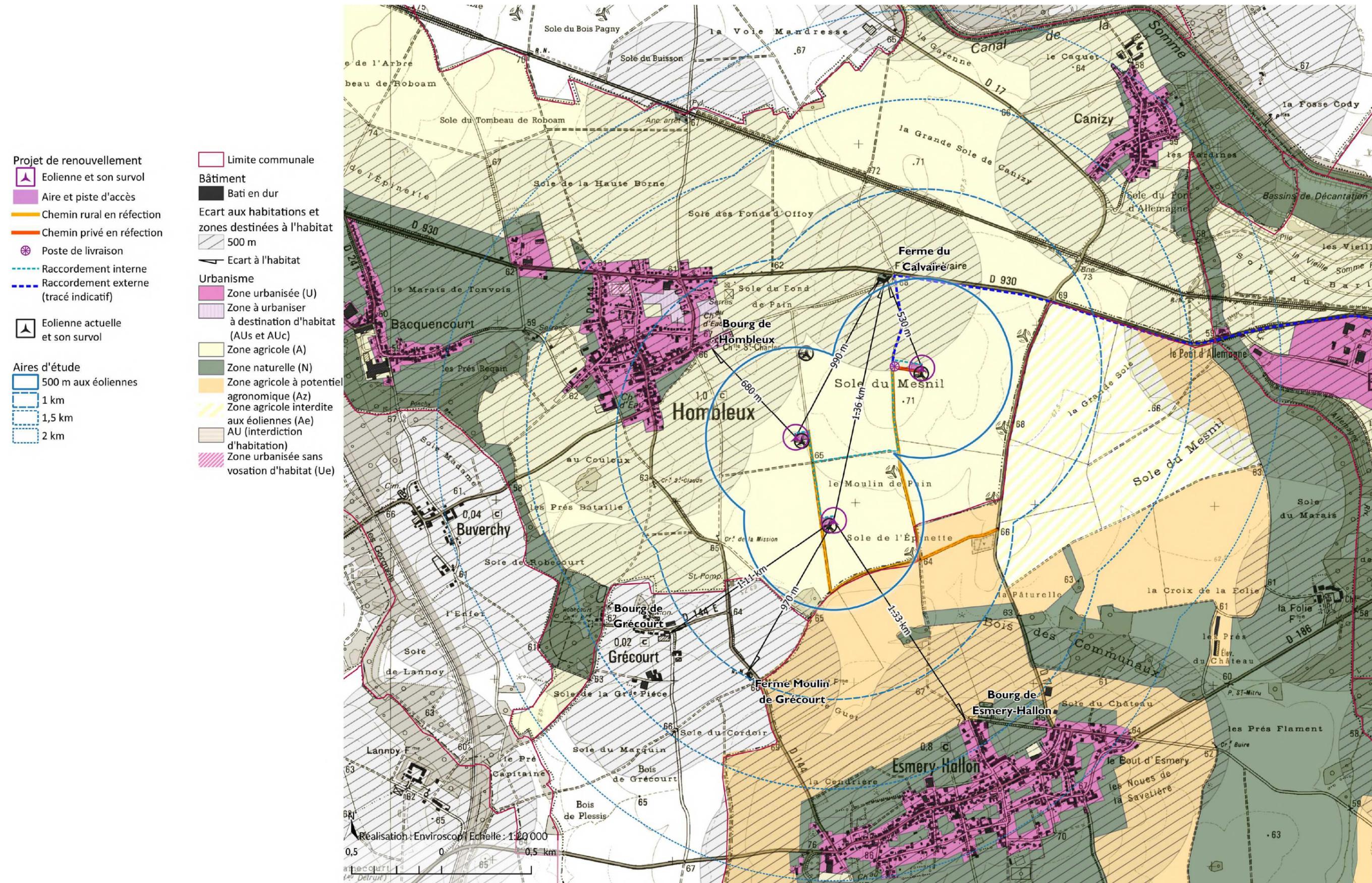
*# le bourg de HOMBLEUX, dont l'éolienne E2 est à 680 m (éolienne actuelle à 720 m) s'expliquant par la réduction de contraintes liées aux remontées de nappe (décalage en aval) ;*

*# la Ferme du Moulin de Grécourt à GRÉCOURT, dont l'éolienne E3 est à 970 m (éolienne actuelle à 930 m).*

*Ces distances minimales sont cohérentes avec la réglementation ICPE. Elles permettent en outre de limiter les effets résiduels à niveau acceptable également pour le cadre de vie (acoustiques, perception paysagère).*

Carte 2 : Éloignement des éoliennes aux habitations et zones destinées à l'habitat

Sources : IGN SCAN25, Géoportail de l'urbanisme, Cadastre, KALLISTA Energy



### C.1-2. Etablissements recevant du public (ERP)

Constituent des ERP, "tous les bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises, soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitation, payantes ou non." Source : Article R 123-2 du code de la construction et de l'habitation. Cela regroupe donc un très grand nombre d'établissements, comme les magasins et centres commerciaux, les cinémas, les théâtres, les hôpitaux, les écoles et universités, les hôtels et restaurants... que ce soient des structures fixes ou provisoires (chapiteaux, tentes, structures gonflables).

Les établissements recevant du public à proximité du site sont de type églises, écoles, mairies, commerces, cimetière, salles polyvalentes, etc. Ils sont situés dans les villages ou en limite de zone urbaine dans les hameaux.

*Aucun établissement recevant du public n'est recensé dans la zone d'étude de 500 m des éoliennes.*

### C.1-3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base

Aucun établissement SEVESO, ni aucune installation nucléaire de base (INB) ne sont présents dans l'aire d'étude de dangers. (Voir C.3-1c en page 15). Aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) autres que le parc à renouveler et le parc voisin de Hombleux 1 (enregistré, autorisé ou en instruction), ni aucune installation SEVESO n'est recensée dans l'aire d'étude. En effet, comme pour le parc actuel, 2 éoliennes du parc d'Hombleux 1 restent situées à moins de 500m de l'éolienne E3 renouvelée, la plus proche à 425 m. De plus, les éoliennes actuelles de Hombleux 2 n'existeront plus lorsque le renouvellement sera en exploitation, et ne sont donc pas prises en compte dans l'analyse des risques.

### C.1-4. Autres activités pouvant présenter des enjeux humains

#### ■ ACTIVITES AGRICOLES, EXPLOITATION DU PARC EOLIEN ET AUTRES OCCUPATIONS DES SOLS PONCTUELLES

Dans l'aire d'étude de dangers, sont recensées l'occupation des sols et activités suivantes (voir Carte 3 en page 12) :

- des parcelles agricoles en majeure partie, le plus souvent de grandes cultures et quelques parcelles de prairies ;
- une parcelle boisée accueillant un plan d'eau ;
- plusieurs chemins ruraux ou d'exploitation et accès aux parcs éoliens de Hombleux 1 et Hombleux 2 , pouvant constituer une zone de stationnement ;
- un tronçon de la route départementale 930, structurante avec 4 500 véhicules/jour.

*Les principaux usagers du site sont les exploitants agricoles et forestiers, la circulation sur une route et des chemins ainsi que le stationnement éventuel sur les accès aux éoliennes de Hombleux 2 et de Hombleux 1.*

Conformément à la méthodologie du guide INERIS, les voies de circulation de moins de 2 000 véhicules/jour sont comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés pour l'évaluation des enjeux humains. Celles de plus de 2 000 véhicules/jour sont comptées comme des routes structurantes.

La zone d'étude de dangers est traversée par la RD930, structurante en termes de trafic avec 4 500 véhicules/jour, à 495 m de l'éolienne E4.

*On retiendra la circulation des véhicules d'exploitation sur les chemins et plateformes au regard de leur surface concernée, ainsi que la circulation sur une route structurante au regard de son trafic et de son linéaire concerné.*

#### ■ ITINERAIRE DE PROMENADE

Aucun chemin de grande randonnée GR, ni chemin de randonnée de pays n'est recensé dans l'aire d'étude de dangers.

*Aucune autre activité ou infrastructure nécessitant la présence de personne n'est observée dans la zone d'étude.*

### C.1-5. Synthèse des enjeux humains dans l'environnement de l'installation

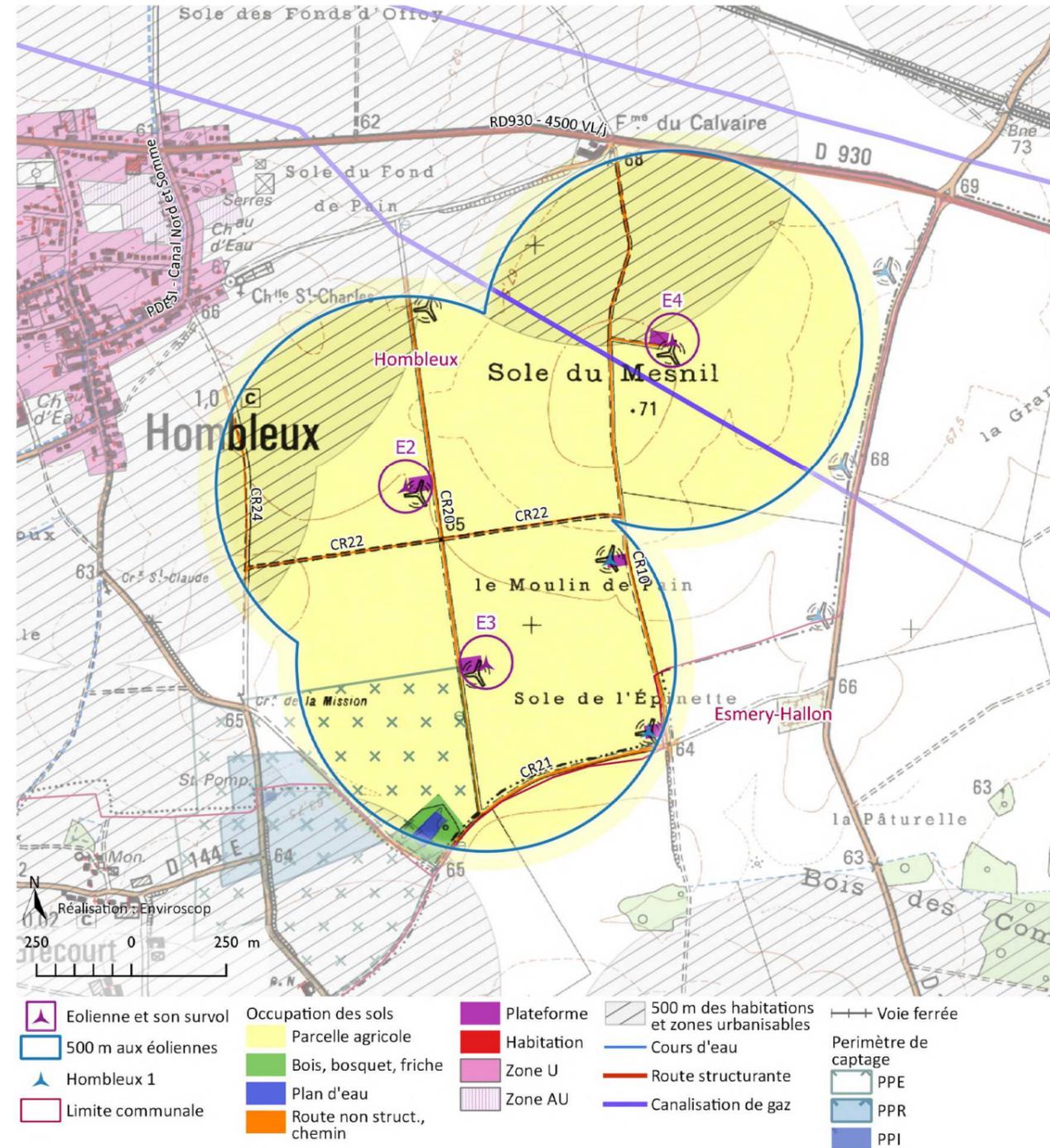
La Carte 3 présente les enjeux humains pour les aires d'étude de dangers de toutes les éoliennes.

Dans la zone d'étude de 500 m autour des éoliennes renouvelées de Hombleux 2, nous considérons **selon une vision majorante**, que les enjeux humains sont localisés dans :

- **les terrains aménagés mais peu fréquentés**, sur la base de 1 personne exposée pour 10 ha de façon conservatoire, à savoir : les chemins, les accès aux parcs éoliens.
- Les parcelles agricoles et le boisement avec son plan d'eau, bien qu'ils soient non aménagés et très peu fréquentés (1 personne exposée pour 100 ha), sont **surclassés et ici également inclus dans cette catégorie terrains aménagés mais peu fréquentés**, sur la base de 1 personne exposée pour 10 ha de façon très conservatoire.
- La RD 930, voie structurante avec 18 personnes permanentes par kilomètre exposé, selon la formule de l'INERIS suivante : 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

**Carte 3 : Synthèse des enjeux humains et matériels dans la zone d'étude de dangers**

Source : IGN SCAN 25, Géoportail de l'urbanisme, cadastre Etalab, OSM, ARS, GRTgaz, CG80, occupation des sols d'après photographie aérienne, KALLISTA Energy.

**C.2 ENVIRONNEMENT NATUREL****C.2-1. Contexte climatique**

**Sources des données :** La station de référence est celle Saint-Quentin (02) - altitude 98 m, METEO France 2019 (période 1981-2010), Météorage 2019 (période 2007-2016), ADEME, KERAUNOS, site internet des pluies extrêmes.

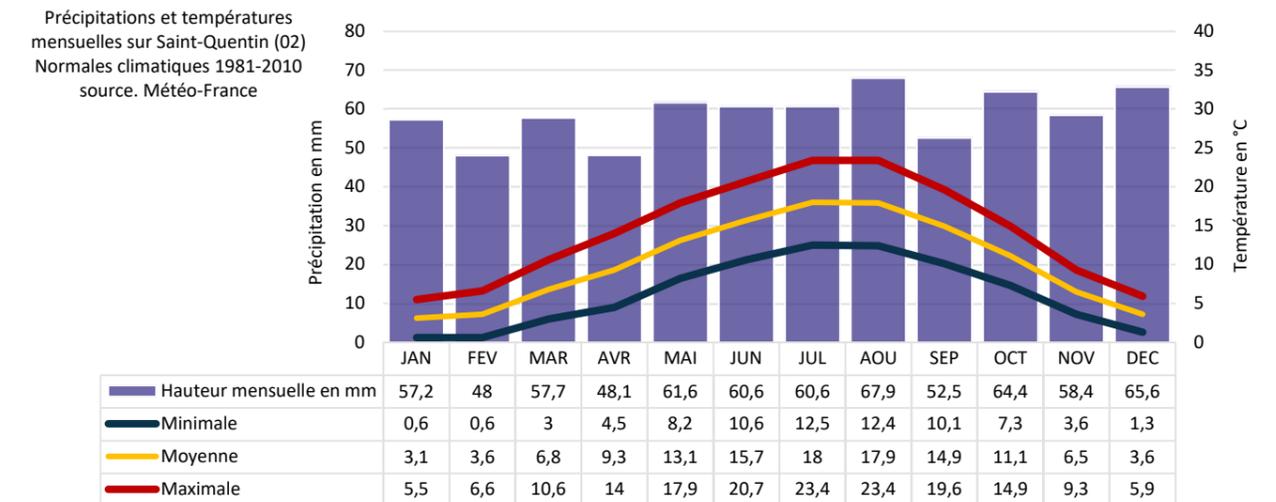
Dans le territoire d'étude, le climat est de **régime océanique dégradé des plaines du Centre et du nord**.

**PRECIPITATIONS**

Les précipitations sont faibles (702,6 mm de cumul annuel, comparé à environ 890 mm/an en moyenne en France), avec un cumul minimum de 48 mm en février et un maximum de 67,9 mm en août. On observe chaque mois entre 9 jours de pluie (juillet et août) et 11,5 en décembre.

**Figure 1 : Précipitations et températures**

Réalisation Enviroscop d'après Météo-France. Normales climatiques 1981-2010 à Saint-Quentin



Les précipitations ne sont pas retenues comme source potentielle de dangers pour les installations du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.

**TEMPERATURE, GEL**

Les températures sont intermédiaires (11°C en moyenne annuelle, et en moyenne 6,5 jours avec une température inférieure à -5°C). La moyenne mensuelle de la température varie de 4,3°C en janvier à 18,4°C en juillet.

Bien que la moyenne de température soit au-dessus de 0°C, on observe environ 54 jours de gel par an, répartis de septembre à mai, et 14,5 jours de neige. Remarque : il peut se produire un phénomène de formation de givre sur les pales, sous certaines conditions concomitantes d'humidité et de température. Ces données ne sont toutefois pas renseignées par les services de Météo France dont nous disposons.

**Tableau 4 : Nombre de jours moyen de gels et épisode neigeux**

Réalisation Enviroscop. Source : Météo-France. Normales climatiques 1981-2010 à Saint-Quentin

Nbre moyen jours	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Jun	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	An.
Gel	12,6	11,8	7	2,8	0,1	0	0	0	0,01	1,2	6,1	12,3	53,9
Neige	3,7	3,4	2,7	1	0,1	0	0	0	0	0	1,3	2,3	14,5

La combinaison de phénomènes neigeux et des périodes de gel est toutefois retenue comme source potentielle de dangers pour les installations du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.

**VENTS VIOLENTS : INTENSITE MAXIMALE DE VENT OBSERVEE (HAUTEUR 10 m)**

Le secteur est hors zone cyclonique. Entre 1981 et 2010, on observe 56,8 jours/an avec des vents de plus de 57 km/h (> 16 m/s), dont 1,8 jours avec des vents au-delà de 100 km/h (> 28 m/s).

**Tableau 5 : Nombre de jours moyen de vents violents (rafales)**

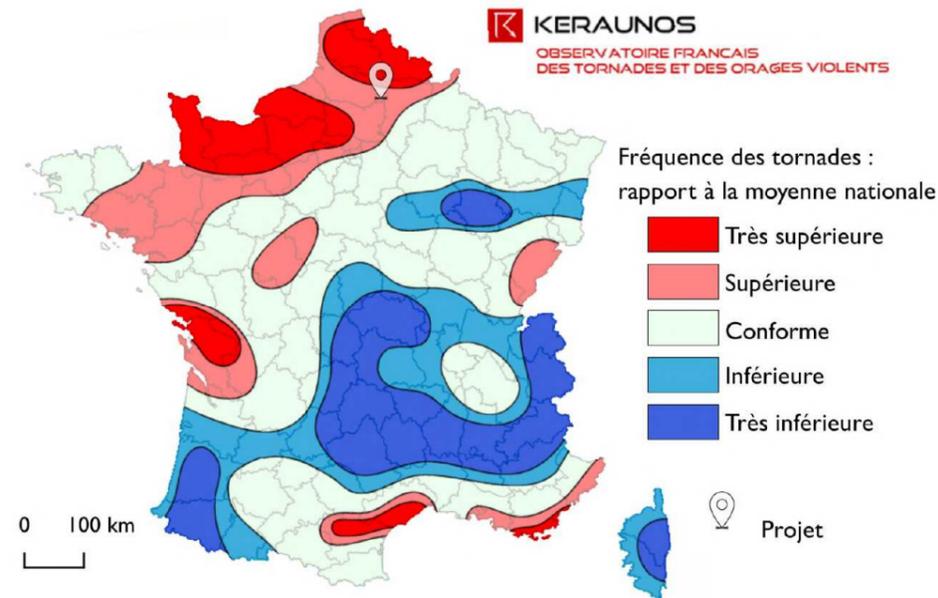
Sources : Météo France. Normales climatiques 1981-2010 à Saint-Quentin, altitude 10 m

Nombre moyen de jours avec	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
Rafales => 16 m/s	8,6	5,7	7,3	5	3,3	2,7	2,2	2,6	3,5	5,4	4,6	6,2	56,8
Rafales => 28 m/s	0,6	0,4	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0,1	1,8

Selon l'observatoire français des tornades et des orages violents (KERAUNOS), le territoire d'étude est situé dans une zone où la fréquence des tornades est supérieure à la moyenne nationale.

#### Carte 4 : Fréquence des tornades en France

Source : Observatoire français des tornades et des orages violents



Le vent est retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.

## C.2-2. Risques naturels

Sources des données : GEORISQUES du Ministère en charge de l'environnement d'après le BRGM, Dossier départemental des Risques Majeurs (DDRM).

### C.2-2a Inventaire des risques naturels majeurs

Dans l'aire d'étude de dangers, les communes sont concernées par les risques naturels majeurs suivants :

Figure 2 : Risques naturels majeurs dans les communes de l'aire d'étude de dangers

Source : GEORISQUES.

Type de Risque	Esmery-Hallon	Hombleux
Séisme – Zone de sismicité : 1	X	X
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Les risques naturels majeurs recensés dans les communes de l'aire d'étude de dangers sont liés exclusivement à un niveau de sismicité très faible.

Tableau 6 : Liste des arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle des communes dans l'aire d'étude de dangers

Source : GEORISQUES

Arrêtés portant reconnaissance de catastrophe naturelle	début le	fin le	arrêté du	Esmery-Hallon	Hombleux
Inondation, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/99	29/12/99	29/12/99	Oui	Oui
Inondation et coulées de boue	07/06/07	08/06/07	18/10/07		Oui
	23/06/19	23/06/16	26/10/16	Oui	
Inondation par remontée de nappe phréatique	01/03/01	25/04/01	26/04/01		Oui
	23/04/01	31/05/01	09/10/01	Oui	
<b>TOTAL</b>				<b>3</b>	<b>3</b>

Toutes les communes de l'aire d'étude de dangers ont eu des arrêtés concernant les risques inondations, coulées de boues et mouvements de terrain.

### C.2-2b Séisme

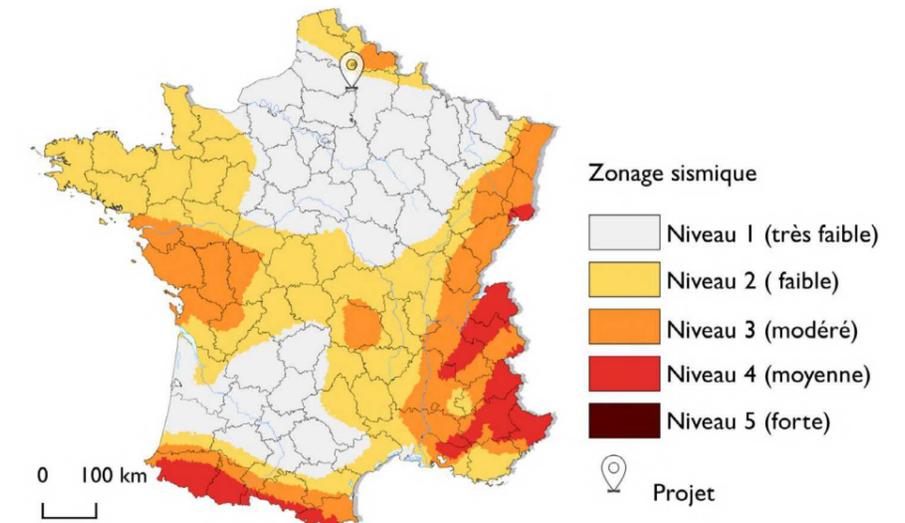
La présence d'une grande partie de la masse en haut de la tour rend les éoliennes particulièrement vulnérables aux séismes. Un séisme pourrait conduire à la chute du mât. Les éoliennes doivent être dimensionnées conformément à la réglementation française en vigueur.

L'aire d'étude de dangers est en niveau 1 de sismicité (très faible).

Il est à préciser que dans le cadre de la construction du parc éolien, une étude géotechnique sera réalisée. Les résultats permettront notamment de dimensionner correctement les fondations.

#### Carte 5 : Zonages sismique

Source : GEORISQUES



Le risque sismique est retenu comme source potentielle de dangers pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.

### C.2-2c Inondations

De fortes précipitations peuvent entraîner une inondation ayant pour conséquence une fragilisation des fondations et une détérioration des installations électriques. Un risque d'emballage de l'éolienne, voire la chute de celle-ci, n'est pas à exclure en cas d'endommagement des systèmes de sécurité et de régulation.

Comme vu au paragraphe précédent, le risque inondation n'est pas recensé comme majeur sur les communes de l'aire d'étude de dangers. De plus, aucun PPRi n'est approuvé ou prescrit sur l'aire d'étude de dangers.

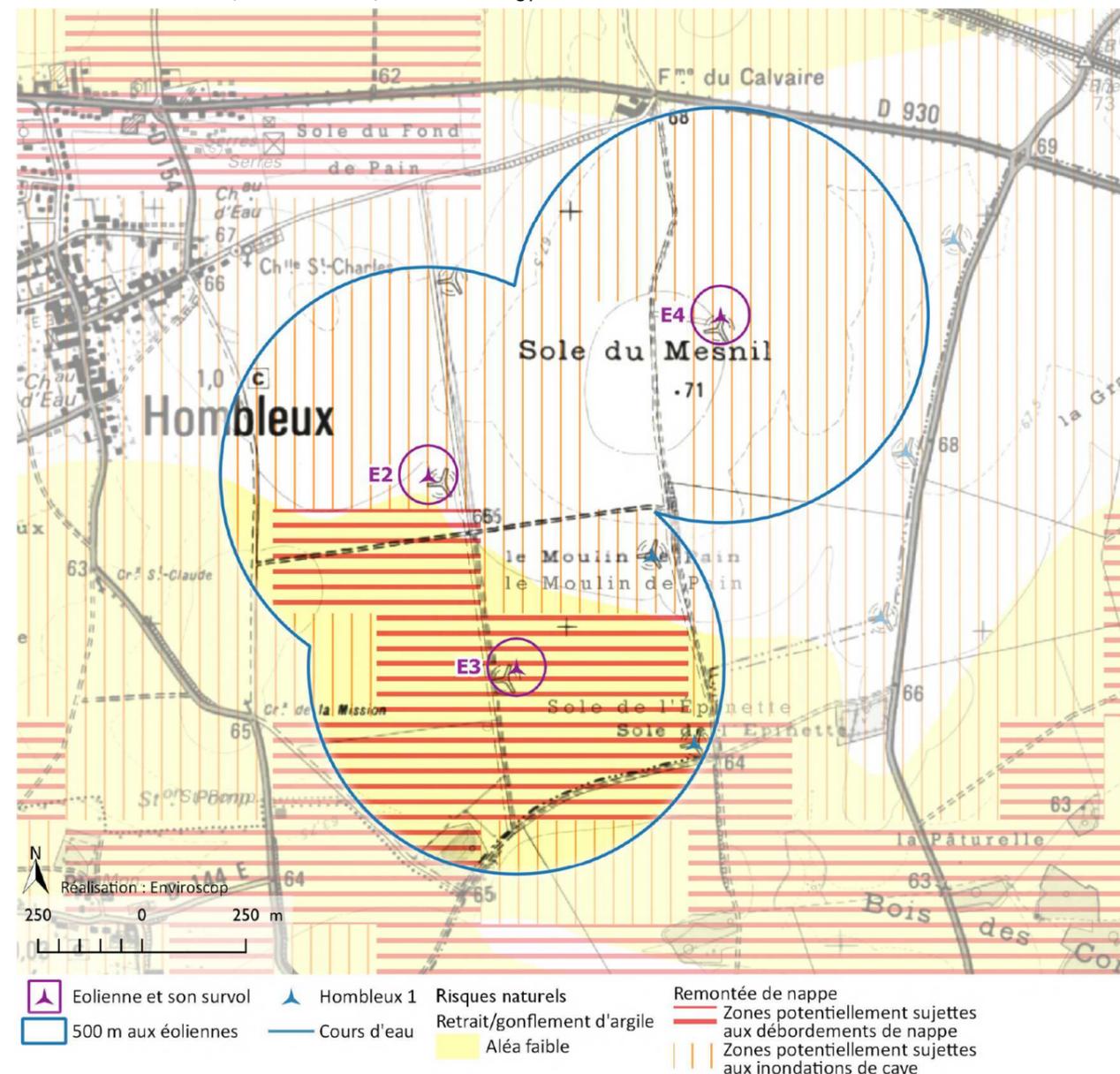
Le seul risque d'inondation concernant l'aire d'étude de dangers est l'aléa de remontées de nappe qui est modélisé au 1/100 000. L'ensemble de l'aire d'étude de dangers est sujette aux risques de remontées de nappes. Une étude spécifique a été menée concernant cette thématique. Le projet de renouvellement tiendra compte des recommandations émises pour prévenir les atteintes à la ressource notamment en période de travaux.

Aussi, comme pour les éoliennes existantes, une étude géotechnique sera menée pour le dimensionnement des fondations. En outre, les fondations des éoliennes du renouvellement étant distantes de plusieurs dizaines de mètres des fondations du parc actuel, les fondations seront totalement neuves et adaptées au gabarit des nouvelles éoliennes.

Les éoliennes intègrent dans leur conception le risque d'inondation. Considérant le dimensionnement des fondations, le risque inondation n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.

Carte 6 : Localisation du projet de renouvellement et risques naturels

Source : IGN SCAN 25, GEORISQUES, Kallista Energy



### C.2-2d Mouvement de terrain par retrait et gonflement d'argile

Un sol argileux peut présenter des caractéristiques hétérogènes suivant son taux d'hygrométrie. Lorsqu'il est desséché, il devient dur et cassant. À *contrario* lorsqu'il est humide, il devient plastique et malléable. Ces modifications de consistance sont loin d'être sans conséquence. Les variations de volume, avec des amplitudes parfois très importantes sont constatées en période estivale. En effet, les températures élevées accentuent le phénomène d'évaporation. Par conséquent les sols argileux se rétractent en période de sécheresse, ce qui se traduit par des tassements différentiels qui peuvent occasionner des dégâts parfois importants aux constructions.

L'aire d'étude de dangers est concernée pour sa partie sud-ouest par une sensibilité faible au risque de mouvements de terrain liés au retrait-gonflement des argiles, concernant uniquement l'éolienne E3. Les éoliennes E2 et E4 renouvelées sont situées dans un secteur sans sensibilité particulière à ce risque.

Aucun plan de prévention de risques naturels Mouvement de terrain ne concerne les communes de l'aire d'étude.

Il est à préciser que dans le cadre de la construction du parc éolien, une étude géotechnique sera réalisée. Les résultats permettront notamment de dimensionner correctement les fondations.

Considérant le dimensionnement des fondations, le risque retrait et gonflement d'argile n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.

### C.2-2e Mouvement de terrain par effondrement

Le risque de mouvement de terrain pourrait être à l'origine d'une chute d'éolienne.

L'aire d'étude de dangers ne comprend aucun indice lié à la présence de cavité souterraines ou d'effondrements connus, le plus proche étant situé sur la communes d'Esmerly-Hallon à environ 2 km de l'aire d'étude de dangers.

Le risque de mouvement de terrain par effondrement n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.

### C.2-2f Foudre

Une éolienne étant par définition une construction d'une hauteur importante érigée sur une surface dégagée, la possibilité d'un foudroiement n'est pas à exclure au cours de son utilisation. Une telle éventualité est particulièrement sensible lorsque des pales en fibres de carbone sont utilisées, en raison de la forte conductivité électrique de ce matériau. Aujourd'hui la quasi-totalité des pales d'éoliennes sont constituées de fibres de verre. Les dangers liés à la foudre sont :

- les effets thermiques pouvant être à l'origine :
  - d'un incendie ou d'une explosion, soit au point d'impact, soit par l'énergie véhiculée par les courants de circulation conduits ou induits,
  - de dommages aux structures et constructions,
- les perturbations électromagnétiques pouvant endommager les équipements électroniques, en particulier les équipements de contrôle commande et/ou de sécurité,
- les effets électriques pouvant induire des différences de potentiel.

L'aire d'étude de dangers connaît une sensibilité infime à faible au foudroiement [Source : Carte interactive du foudroiement en France 2012-2021 – METEORAGE 2022].

Tableau 7 : Nombre de jours moyen d'orages

Réalisation Enviroscop. Source : Météo-France. Normales climatiques 1981-2010 à Saint-Quentin

Nbre moyen jours	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Jun	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	An.
Orage	0,1	0,2	0,2	1,1	3	3,2	3	2,9	1,7	0,8	0,1	0,3	16,6

Malgré une faible sensibilité, la foudre est retenue comme source potentielle de dangers pour les installations du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.

### C.2-2g Incendie de forêt

Un éventuel incendie de la végétation aux alentours serait susceptible de se propager aux installations.

Aucun grand massif forestier n'est présent à proximité de la zone d'étude.

Le risque feux de forêt n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.

## C.3 ENVIRONNEMENT MATERIEL

### C.3-1. Risques technologiques

Le transport de matières dangereuses est le seul risque majeur technologique recensé dans les communes de Hombleux et d'Esmerly-Hallon au regard de leur traversée par des canalisations de transport de gaz naturel [Source : GEORISQUES].

Aucune de ces communes ne fait l'objet d'un plan de prévention des risques technologiques. L'aire d'étude de dangers ne présente aucune installation industrielle rejetant des polluants (Directive IED).

#### C.3-1a Transport de matières dangereuses (TMD)

Un accident à proximité du parc éolien (incendie, explosion, projection) pourrait être à l'origine de dégradations des éoliennes et causer des détériorations majeures (chute du mât, incendie, rupture de pales ou de fragments de pales). Si l'expérience montre que les accidents de TMD peuvent se produire en tout point du département, il semble toutefois opportun de destiner l'information préventive en priorité aux communes supportant les plus grands flux de transport de matières dangereuses.

À proximité du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, la canalisation DN 400 - 1996 NESLE - TRAVECY traverse la zone d'étude de dangers de l'éolienne E4. Remarque : l'éolienne existante E1 est également située à moins de 500 m de cette canalisation mais n'est pas renouvelée. Aucun incident depuis la mise en service du parc actuel Hombleux 2 n'a été recensé. Le projet de renouvellement ne se rapprochera pas de cette canalisation. Au contraire, l'éolienne renouvelée E4 est reculée de 30 m par rapport à l'éolienne actuelle.

*En l'absence d'incident avéré, le transport de matières dangereuses n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.*

#### C.3-1b Rupture de barrage

*Les communes de l'aire d'étude de dangers ne sont pas concernées par le risque de rupture de barrage, ce risque n'est donc pas retenu comme source potentielle de dangers pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.*

#### C.3-1c ICPE et SEVESO

Aucun site SEVESO n'est compris dans l'aire d'étude, le plus proche est à plus de 3,5 km de l'éolienne E4. Il s'agit du site de la société « SAINT LOUIS SUCRE » à Eppeville, classé Seveso seuil bas. [Sources : GEORISQUES]. Ce risque est donc absent pour le projet.

Aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) autres que le projet renouvelé et le parc voisin de Hombleux 1 (enregistré, autorisé ou en instruction) n'est recensée dans l'aire d'étude. En effet, comme pour le parc actuel, 2 éoliennes du parc d'Hombleux 1 restent situées à moins de 500m de l'éolienne E3 renouvelée, la plus proche à 425 m. Remarque : les éoliennes actuelles de Hombleux 2 seront démantelées avant la mise en service du parc renouvelé et ne sont donc pas prises en compte dans l'analyse des risques.

*Le risque lié à une ICPE ou un site SEVESO n'est pas retenu comme source potentielle de dangers.*

### C.3-2. Voies de communication

#### C.3-2a Transport routier

La zone d'étude de dangers est traversée par des chemins agricoles (ruraux ou privés). Les accès pour le projet sont également pris en compte, tels des chemins. Voir Carte 3 en page 12. L'aire d'étude de dangers est également traversée par une courte portion de la RD930, structurante en termes de trafic avec 4 500 véhicules/jour.

Conformément à la méthodologie du guide INERIS, les voies de circulation de moins de 2 000 véhicules/jour sont comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés pour l'évaluation des enjeux humains. Celles de plus de 2 000 véhicules/jour sont comptées comme des routes structurantes.

*Au regard de l'activité du site (installation fixe) et de la distance supérieure à 200 m de toute éolienne, la circulation des véhicules sur une voie principale n'est pas retenue comme source potentielle de dangers pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.*

#### C.3-2b Transport ferroviaire

Aucune voie ferrée n'est recensée dans l'aire d'étude de dangers.

#### C.3-2c Transport fluvial

Aucune voie navigable n'est recensée dans l'aire d'étude de dangers.

#### C.3-2d Transport aérien

Aucune infrastructure aéronautique n'est recensée à proximité du projet. Les éoliennes sont situées à plus de 6,8 km de l'aérodrome de Frétoy-le-Château. Celui-ci est utilisé par une école de parachutisme et ne fait pas l'objet d'un plan de servitude. La Direction générale de l'aviation civile – département SNIA Ouest – dans son courriel du 24/04/2020 indique que le remplacement des éoliennes existantes par des éoliennes de 180 m ne porte atteinte ni aux servitudes aéronautiques ou radioélectriques gérées par la DGAC, ni aux installations de guidage des aéronefs. Il précise également que le projet respecte les procédures de navigation aérienne.

### C.3-3. Captage d'eau potable

L'extrémité sud-ouest de la zone d'étude de dangers de l'éolienne E3 est concernée par le périmètre de protection éloignée (PPE) d'un captage d'eau potable. Toutefois, le captage et ses périmètres rapproché (PPR) et immédiat (PPI) ne sont pas situés dans la zone d'étude. Voir la Carte 3 en page 12.

### C.3-4. Autres réseaux publics et privés

Dans les limites de la zone d'étude, il n'est recensé aucune autre installation publique ou privée, liée notamment aux réseaux d'assainissement (stations d'épuration) ou transport d'électricité.

## C.4 CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

L'estimation des enjeux humains est menée selon la démarche retenue par le guide INERIS et plus précisément l'annexe fixant les comptages de personnes en fonction de la surface ou du linéaire concerné (voir J.2-2 en page 53). Cette méthode se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Elle permet de compter le nombre de personnes exposées selon des règles forfaitaires en fonction de l'occupation des sols selon des ensembles homogènes (zones habitées, ERP, zones industrielles, voies de circulation, terrains non bâtis...).

Dans l'aire d'étude de dangers, nous considérons selon une vision majorante que les enjeux humains sont localisés dans :

- **les terrains aménagés mais peu fréquentés**, sur la base de 1 personne exposée pour 10 ha de façon conservatoire, à savoir : les chemins et les accès aux éoliennes.
- Les parcelles agricoles et le boisement avec son plan d'eau, bien qu'ils soient non aménagés et très peu fréquentés (1 personne exposée pour 100 ha), sont **surclassés et seront ici également inclus dans cette catégorie terrains aménagés mais peu fréquentés**, sur la base de 1 personne exposée pour 10 ha de façon très conservatoire.
- La RD 930, voie structurante avec 18 personnes permanentes par kilomètre exposé, selon la formule de l'INERIS suivante : 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

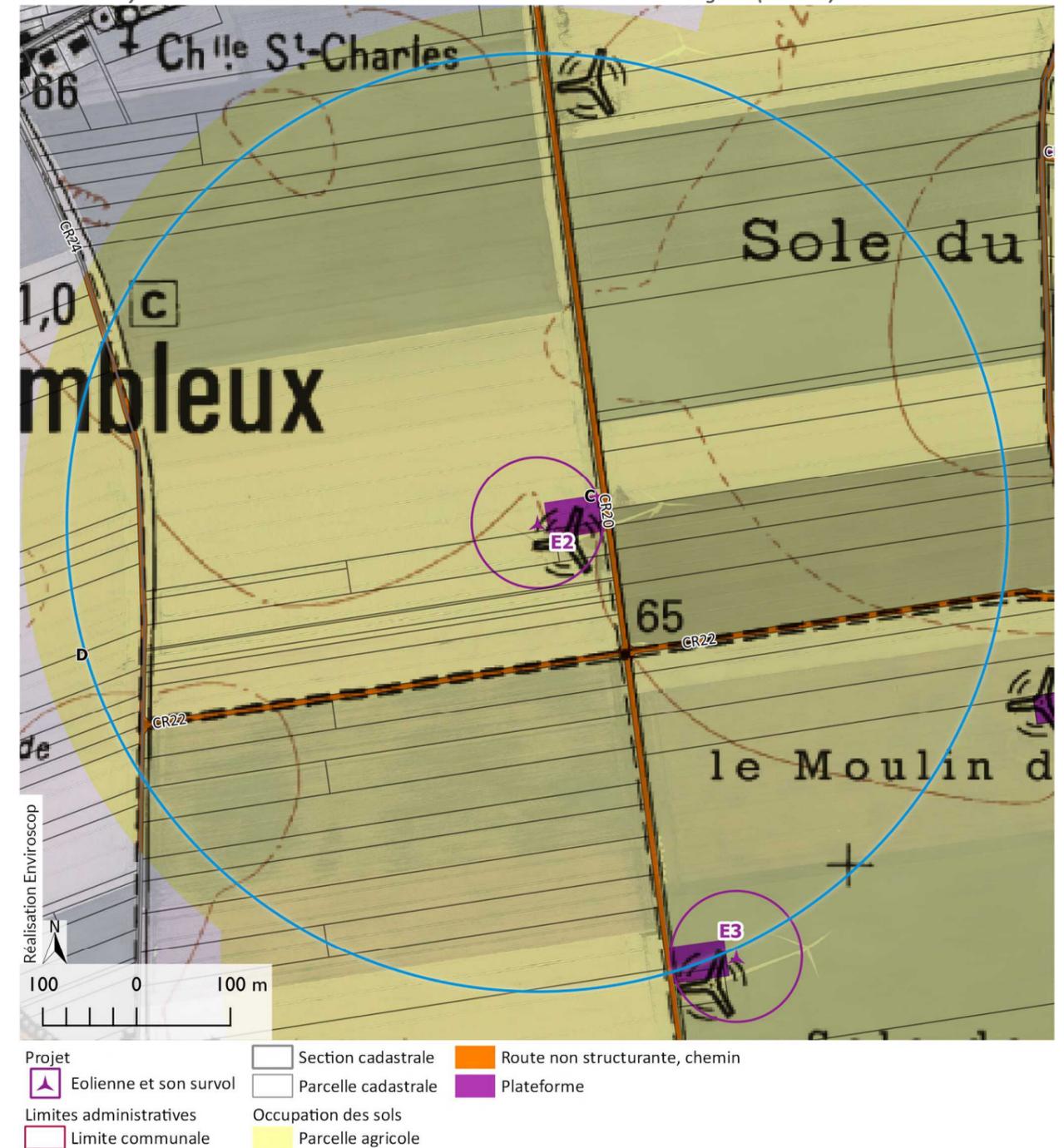
Ainsi, la méthode de comptage des personnes exposées (Annexe 2) permet de retenir :

Tableau 8 : Grille de lecture de l'estimation des enjeux humains

Nature	Catégorie	Unité	Calcul de l'équivalent de personnes présentes exposées en permanence
Parcelles agricoles, boisement et plan d'eau, accès aux éoliennes, chemins	Terrains aménagés mais peu fréquentés	ha	1 personne pour 10 ha
RD930	Route structurante	pers./km	18 personnes/km

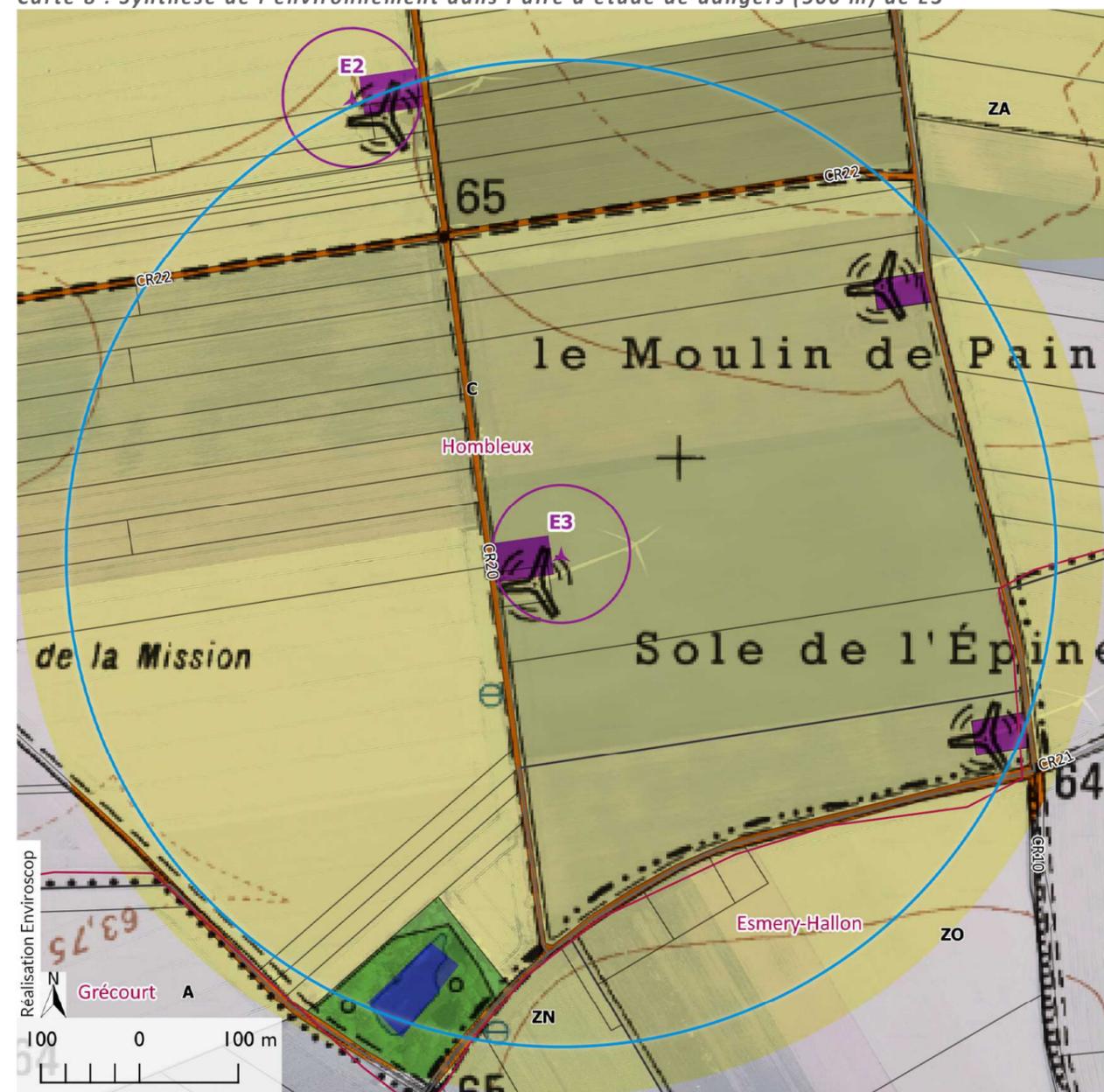
Ci-après les cartes des enjeux humains considérés dans l'aire d'étude de 500 m de chaque éolienne.

Carte 7 : Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E2



Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	
Nature	Quantité	Catégorie (Calcul)	Total
Parcelles agricoles, accès aux éoliennes (E2 et E3), chemins	78,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	7,854 pers.

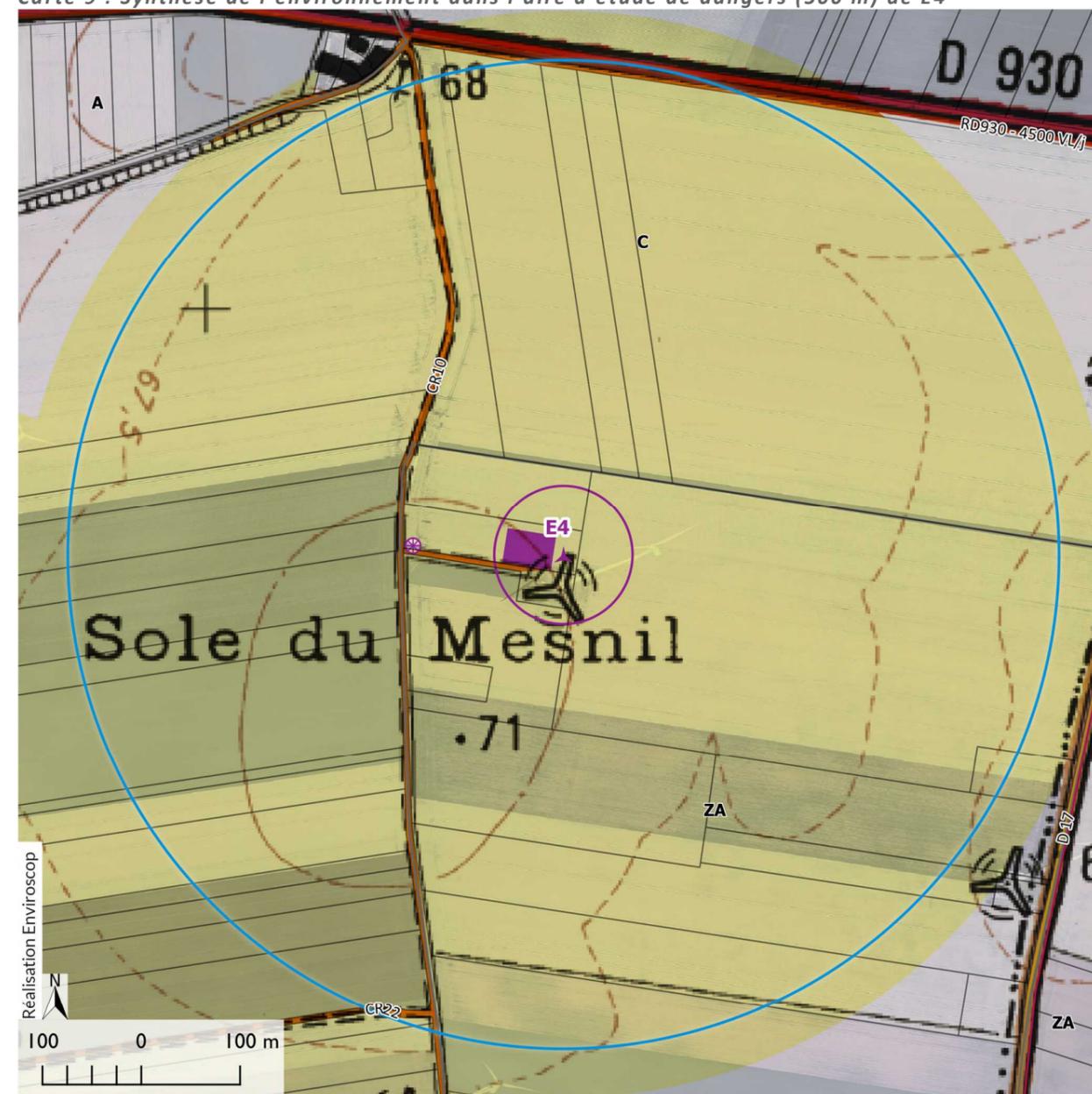
Carte 8 : Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E3



Projet	Parcelle cadastrale	Route non structurante, chemin
Eolienne et son survol	Occupation des sols	Plateforme
Limites administratives	Parcelle agricole	
Limite communale	Bois, bosquet, friche	
Section cadastrale	Plan d'eau	

Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	
Nature	Quantité	Catégorie (Calcul)	Total
Parcelles agricoles, boisement et plan d'eau, accès aux éoliennes (E2, E3 et 2 éoliennes Hombreux1), chemins	78,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	<b>7,854 pers.</b>

Carte 9 : Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E4



Projet	Limites administratives	Occupation des sols
Eolienne et son survol	Limite communale	Parcelle agricole
Poste de livraison	Section cadastrale	Route non structurante, chemin
	Parcelle cadastrale	Plateforme

Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	
Nature	Quantité	Catégorie (Calcul)	Total
Parcelles agricoles, accès aux éoliennes, chemins	78,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	<b>7,854 + 2,520 = 10,374 pers</b>
RD930	0,140 km	Route structurante (18 personnes/km)	

## D. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

### D.1 CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

#### D.1-1. Caractéristiques générales d'un parc éolien

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

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage » ou « aire de levage » ;
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le poste de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien ») ;
- Un poste 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 poste 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.

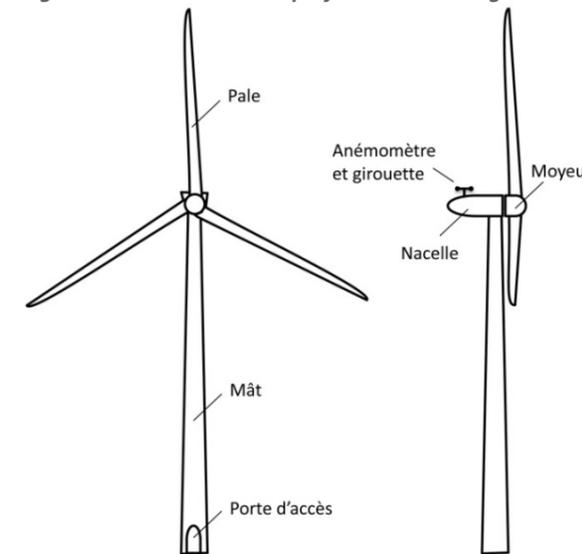
#### D.1-1a Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 modifié le 10 décembre 2021 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, 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** sur lequel se montent les trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle.
- **Le mât** est généralement composé de 3 à 5 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 multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
  - le système de freinage mécanique ;
  - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
  - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
  - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

Figure 3 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur



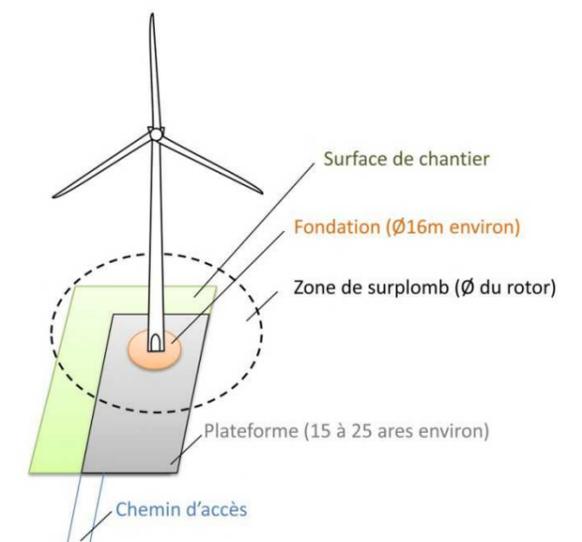
#### D.1-1b Emprise au sol

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 : Schémas de principe des emprises au sol d'une éolienne

(Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150m de hauteur totale)



### D.1-1c Chemins d'accès

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

- L'aménagement de ces accès concerne principalement des chemins ruraux (CR) et des chemins privés (CP) ;
- 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 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).

## D.1-2. Caractéristiques du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2

### D.1-2a Activité de l'installation

L'activité principale du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2 est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) supérieure à 50 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

### D.1-2b Composition de l'installation

KALLISTA Energy souhaite renouveler le parc actuel en remplaçant les éoliennes E2, E3 et E4 par une technologie plus performante avec un mât et un rotor plus grands, et ce, selon un déplacement limité (dans l'aire de survol des pales des éoliennes actuelles). L'éolienne E1 sera démantelée et non renouvelée. Le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2 est ainsi composé de **3 aérogénérateurs**.

Tableau 9 : Coordonnées et altitudes des éoliennes et du poste de livraison du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2

Légende. Ex. numéro de l'éolienne du projet. PdL : poste de livraison

Nom	Coordonnées RGF93 Lambert 93		Coordonnées WGS 84 - DMS		Altitude au sol (m NGF)	Hauteur sommitale maximale (m NGF)
	X	Y	Longitude	Latitude		
E2	699840,863	6959569,427	2°59'52.0580" E	49°44'6.4133" N	65,31	245,31
E3	700053,097	6959106,795	3°0'2.6496" E	49°43'51.4492" N	65,43	245,43
E4	700544,253	6959954,551	3°0'27.1631" E	49°44'18.8700" N	70,15	250,15
PDL	700392,309	6959963,346	3°0'19.5797" E	49°44'19.1548" N	70,88	-

Trois machines sont envisagées, sachant que toutes les éoliennes du renouvellement seront identiques :

- VESTAS V136 HH112 3,6 MW, avec serrations, d'une hauteur au moyeu de 112 m pour une hauteur totale de 180 m ;
- VESTAS V136 HH112 4 MW, avec serrations, d'une hauteur au moyeu de 112 m pour une hauteur totale de 180 m ;
- ENERCON E138 HH110 4,2 MW, avec serrations, d'une hauteur au moyeu de 110,13 m pour une hauteur totale de 179,25m.

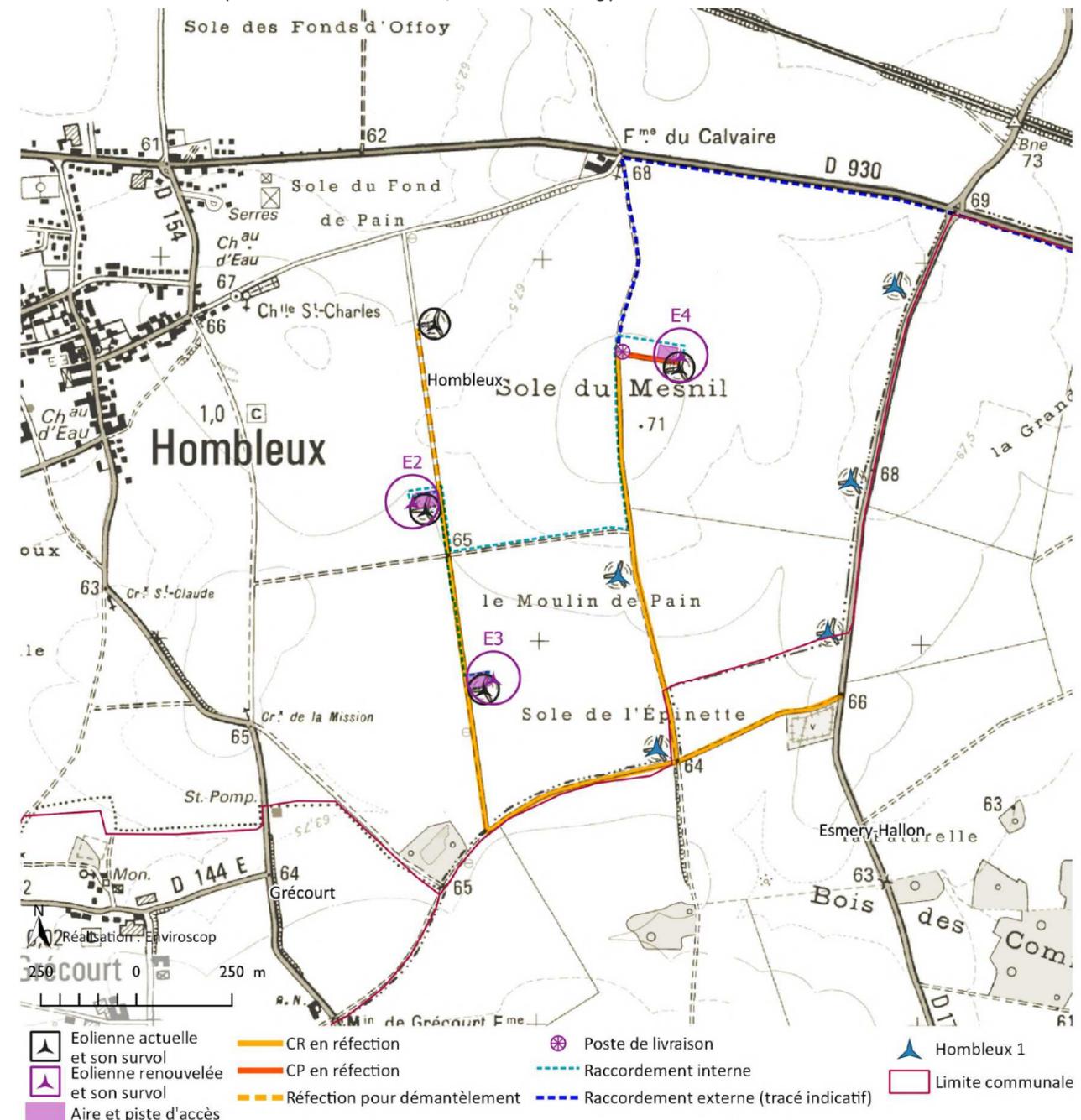
Toutes les éoliennes du renouvellement sont de même type. Plusieurs modèles sont envisagés à ce stade et nous considérons ici un gabarit maximal pour la présente étude comparative de dangers.

Tableau 10 : Caractéristiques du modèle d'éolienne du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2

Caractéristiques	Abréviation	GABARIT MAX
Hauteur totale en bout de pale	Htot	180 m
Hauteur du mât au moyeu	H	112 m
Diamètre du rotor	Drotor	138,25 m
Diamètre de survol	Dsurvol	140,14 m
Hauteur du mât au sens ICPE		116 m
Largueur de la base de la pale	Lb	4,1 m
Longueur de la pale	Rp	69,125 m
Diamètre à la base du mât	L	4,7 m

Carte 10 : Plan simplifié du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2

Réalisation Enviroscop. Sources. IGN Scan25, KALLISTA Energy



## D.2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

### D.2-1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. Grâce aux informations transmises par la girouette qui détermine la direction du vent, le rotor se positionnera pour être continuellement face au vent. Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h (env. 3 m/s) et c'est seulement à partir de 12 km/h (3,3 m/s) environ 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 3,6 MW à 4,2 MW par exemple, la production électrique atteint 3 600 à 4 200 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 660 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.

Plusieurs boutons d'arrêt d'urgence situés en divers endroits de l'éolienne permettent une immobilisation rapide de l'éolienne. Ces boutons permettent un freinage d'urgence via la mise en position "drapeau" des pales et l'actionnement des freins du rotor. Cette procédure implique aussi la séparation entre la génératrice et le réseau électrique. En cas d'arrêt d'urgence, l'éolienne ne peut être redémarrée qu'avec l'intervention du personnel.

#### A.1 - 1b. Caractéristiques des aérogénérateurs de la variante Enercon

Eolienne Enercon E138 EP3 E2			
Conditions climatiques	Température ambiante de fonctionnement	Température ambiante, pour un fonctionnement normal	-10 °C à +40 °C
		Plage de température extrême	-20 °C à +50 °C
Conception technique	Puissance nominale	4,2 MW	
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle	
	Diamètre du rotor	138,25 m	
	Hauteur du moyeu	110,13 m	
	Concept de l'installation	Sans boîte de vitesse, vitesse de rotation variable, convertisseur intégral	
Rotor / Pales	Vitesse de rotation théorique du rotor	2,5 à 10,8 tours par min	
	Type	Rotor face au vent avec système de réglage des pales actif	
	Sens de rotation	Sens horaire	
	Nombre de pales	3	
	Longueur des pales	67,795 m	
	Surface balayée	15 011,36 m <sup>2</sup>	
	Contrôle de vitesse variable	Via microprocesseur	

Eolienne Enercon E138 EP3 E2		
	Contrôle de survitesse	Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale ;
	Matériau des pales	Constitué de plastique renforcé (fibre de verre et résine époxy), bois de balsa et mousse.
Description		<p>Les pales de rotor en PRV, bois de balsa et mousse ont un impact déterminant sur le rendement de l'éolienne et ses émissions sonores. La pale du rotor est fabriquée en demi-sections et par infusion sous vide. La forme et le profil des pales du rotor ont été conçus en fonction des critères suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- coefficient de puissance élevé</li> <li>- durée de vie élevée</li> <li>- faibles émissions sonores</li> <li>- faibles contraintes mécaniques</li> <li>- utilisation optimale des matériaux</li> </ul> <p>Les pales du rotor sont spécialement conçues pour fonctionner avec un système de réglage des pales variable et une vitesse de rotation variable. Le revêtement de surface à base de polyuréthane protège les pales du rotor des influences environnementales telles que les rayons UV et l'érosion. Le revêtement est particulièrement robuste et résistant à l'abrasion. Les 3 pales du rotor sont réglées par des systèmes de réglage des pales indépendants, commandés par microprocesseur. L'angle de pale réglé est surveillé en permanence par 2 mesures d'angle des pales et les 3 angles de pale sont synchronisés entre eux. Cela permet d'ajuster rapidement et avec précision l'angle de pale en fonction des conditions du vent.</p> <p>Les pales de rotor sont équipées d'un profilé dentelé dans une partie du bord de fuite. Ce peigne de bord de fuite (Trailing Edge Serration) réduit les turbulences au niveau du bord de fuite et limite ainsi l'émission sonore de l'éolienne.</p> <p>Des vortex se trouvent à l'intérieur des pales sur l'extrados. Les vortex ralentissent le décrochage du courant de couche limite de la surface des pales. Par conséquent, les propriétés aérodynamiques de l'éolienne réagissent moins sensiblement aux modifications temporaires de la surface et aux conditions de vent.</p>
	Nacelle	Arbre de rotor <i>Transmet le mouvement de rotation des pales</i>
Matériaux		Structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre, fenêtres de toit permettant d'accéder à l'intérieur.
Supporte le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité		La nacelle abrite plusieurs éléments fonctionnels :
	Description	<ul style="list-style-type: none"> <li>• le générateur</li> <li>• le système de freinage mécanique</li> <li>• le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent</li> <li>• les outils de mesures (anémomètre, girouette)</li> <li>• le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique</li> </ul>

Eolienne Enercon E138 EP3 E2		
		<p>Le moyeu du rotor tourne sur 2 paliers du rotor autour de l'arbre du moyeu fixe. Parmi les composants fixés sur le moyeu figurent les pales et le rotor du générateur. Le collecteur se trouve à la pointe de l'arbre du moyeu. Il transmet l'énergie électrique et les données par l'intermédiaire de contacts à frottement entre la partie fixe et la partie rotative de la nacelle. Celle-ci est constituée d'une structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre, et est équipée de fenêtres de toit permettant d'accéder à l'extérieur.</p> <p>L'élément porteur du stator du générateur fixe est un support du stator avec 6 bras de support. Le support du stator est fixé solidement au support principal via l'étoile du stator.</p> <p>Aux extrémités des bras de support se trouve l'anneau de support du stator avec les bobinages en aluminium dans lesquels le courant est induit.</p> <p>Le support principal est l'élément porteur central de la nacelle. Toutes les pièces du rotor et du générateur sont fixées à lui directement ou indirectement. Le support principal pivote sur le sommet du mât par l'intermédiaire du palier d'orientation. Toute la nacelle peut être tournée à l'aide des entraînements d'orientation pour que le rotor soit orienté en permanence de manière optimale au vent.</p> <p>L'habillage de la nacelle se compose de plastique renforcé de fibres de verre (PRV). Il se compose de plusieurs éléments et est fixé au stator du générateur, à la plateforme de la nacelle et au moyeu par le biais de profilés en acier.</p>
<p><b>Générateur et Transformateur</b></p> <p><i>Produit de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique ; Eleve la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau.</i></p>	Description	<p>Le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique. La partie rotative du générateur annulaire ENERCON tourne à la même vitesse que les pales (vitesse lente). Grâce à l'absence de boîte de vitesse et d'autres pièces à grande vitesse de rotation, les pertes d'énergie entre le rotor et le générateur, les bruits émis, la consommation d'huile à engrenages et l'usure mécanique se trouvent considérablement réduits. En raison de la faible vitesse de rotation et de la grande section transversale du générateur, le niveau de température reste relativement bas et ne subit que de faibles variations. Cela permet de réduire les tensions mécaniques et le vieillissement des matériaux.</p> <p>Les éoliennes ENERCON utilisent un générateur synchrone multipolaire à excitation indépendante (générateur annulaire). L'éolienne fonctionne à une vitesse de rotation variable afin d'optimiser le potentiel de l'énergie éolienne indépendamment de la vitesse du vent. Le générateur annulaire produit ainsi du courant alternatif avec une tension, une fréquence et une amplitude variables.</p> <p>Les bobinages dans le stator du générateur annulaire forment deux systèmes de courant alternatif triphasé indépendants. Ces deux systèmes sont redressés séparément dans la nacelle, rassemblés dans le système de distribution de courant continu</p>

Eolienne Enercon E138 EP3 E2		
		<p>puis à nouveau convertis en courant triphasé avec une tension, une fréquence et une relation de phase conformes au réseau par les onduleurs situés dans le pied du mât.</p> <p>Ainsi le générateur annulaire n'est pas raccordé directement au réseau absorbant du distributeur d'électricité mais il est découplé du réseau par le convertisseur intégral.</p>
	Type de génératrice	Générateur annulaire ENERCON, à entraînement direct
	Localisation du transformateur	Situé en pied de tour
<b>Système de freinage</b>	Frein principal aérodynamique	Trois systèmes de réglage des pales indépendants avec alimentation électrique de secours
	Frein du rotor	Hydraulique
<b>Tour / Mât</b> <i>Supporte le rotor et la nacelle</i>	Type	Tubulaire en acier
	Nombre de sections	5
	Protection contre la corrosion	Revêtement multicouche résine époxy
	Accès	Porte verrouillable au pied du mât
	Cage d'ancrage	Noyée dans le béton de fondation
	Description	<p>La tour des éoliennes (également appelée mât) est constituée de plusieurs sections tubulaires en acier et/ou en béton, de plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur et de forme tronconique, qui sont assemblées entre elles par des brides. Fixée par une bride à l'insert disposé dans le massif de fondation, la tour est autoportante.</p> <p>La hauteur de la tour, ainsi que ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée.</p> <p>La tour permet le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle et abrite : une échelle d'accès à la nacelle, un élévateur de personnes, une armoire de contrôle et des armoires de batteries d'accumulateurs (en point bas), les cellules de protection électriques.</p>
<b>Fondation</b> <i>Ancre et stabilise le mât dans le sol</i>	Description	
	Matériaux	En béton armé, de forme circulaire
	Profondeur	Entre 3 et 5 mètres environ, selon les résultats de l'étude

Eolienne Enercon E138 EP3 E2			
Système de contrôle	Objectifs	Contrôler des informations sur les différents composants de l'éolienne, la direction et la vitesse du vent afin d'adapter le fonctionnement de l'éolienne en conséquence.	
	Démarrage automatique après coupure de réseau	Oui	
	Démarrage automatique après vent de coupure	Oui	
Périodes de fonctionnement	1,1 à 3 m/s	Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent	
	Environ 3 m/s	Le vent est suffisant pour générer de l'électricité. L'éolienne peut être couplée au réseau électrique	
	> 3 m/s	La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent	
	9 à 25 m/s	L'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales	
Plateformes et chemin d'accès  <i>Permet l'accès à l'éolienne et le positionnement des grues nécessaires au levage et à la maintenance</i>	Caractéristiques	<p>Ils permettent d'accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de constructions du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc éolien. L'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins agricoles existants. Si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés sur des parcelles agricoles.</p> <p>Durant la phase d'exploitation, les chemins sont utilisés par des véhicules légers ou par des engins permettant d'importantes opérations de maintenance.</p> <p>Empierrement stabilisé pour supporter le poids des grues Largeur du chemin : 5 mètres</p>	
Connexion au réseau électrique  <i>Adapte les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public</i>	Description	Les éoliennes d'un même champ éolien sont ensuite raccordées au réseau électrique de distribution (ENEDIS ou régies) ou de transport (RTE) via un poste de livraison. Ce poste fait ainsi l'interface entre les installations et le réseau électrique. Chaque poste est équipé d'appareils de comptage d'énergie indiquant l'énergie soutirée au réseau mais également celle injectée. Il comporte aussi la protection générale dont le but est de protéger les éoliennes et le réseau inter-éolien en cas de défaut sur le réseau électrique amont.	
		Tension dans les câbles souterrains	20 000 V
		Tension dans le poste de livraison	20 000 V
	Habillage du Poste de Livraison	Bardage bois	
Câbles souterrains  <i>Achemine l'électricité depuis les éoliennes jusqu'au poste de livraison</i>	Caractéristiques	<p>Câbles enterrés entre 80 et 120 cm de profondeur</p> <p>Présence d'un grillage avertisseur</p> <p>Réseau borné et repéré</p> <p>Tension des câbles : 20 000 V</p>	

Tableau 11 : Synthèse du fonctionnement des éoliennes Enercon E138

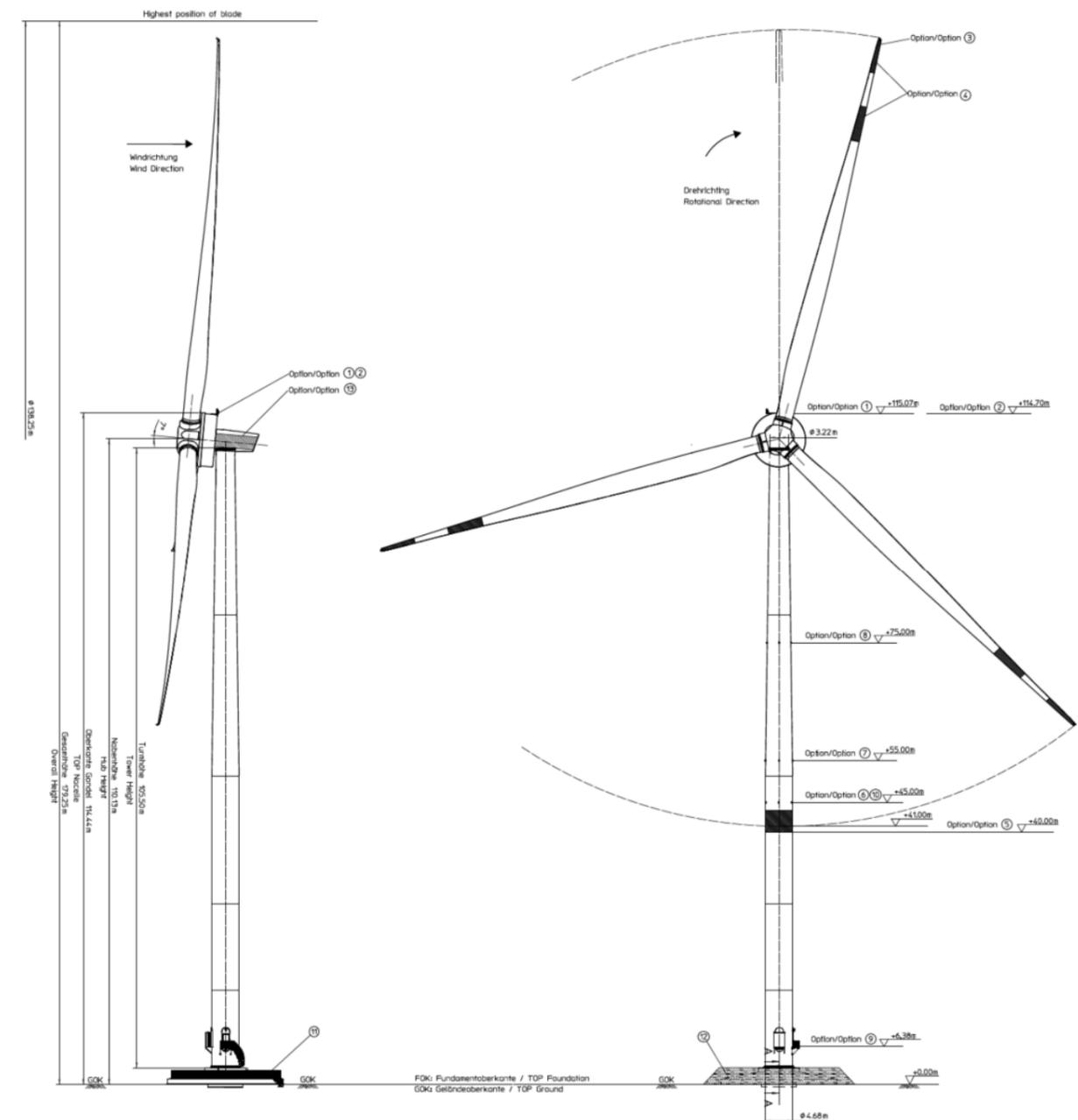


Figure 5 : Schéma d'une éolienne Enercon E138 HH110,13

## A.1 - 1c. Caractéristiques des aérogénérateurs des variantes Vestas

Eolienne Vestas V136			
Conditions climatiques	Température ambiante de survie	-20 °C à +45 °C	
Conception technique	Puissance nominale	3,6 à 4 MW	
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle	
	Diamètre du rotor	136 mètres	
	Hauteur du moyeu	112 mètres	
	Concept de l'installation	Boite de vitesse, vitesse de rotation variable	
	Plage de rotation opératoire	5,6 à 14 tours/min	
Rotor <i>Capte l'énergie mécanique du vent et la transmette à la génératrice</i>	Type	Orientation active des pales face au vent	
	Sens de rotation	Sens horaire	
	Nombre de pales	3	
	Surface balayée	14 527 m <sup>2</sup>	
	Contrôle de vitesse	Variable via microprocesseur	
	Contrôle de survitesse	Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale	
	Matériau des pales	Plastique renforcé à la fibre de verre (GFK), protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010)	
	Description	<p>Les rotors Vestas sont composés de trois pales fixées au moyeu via des couronnes à deux rangées de billes et double contact radial. La rotation du rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique de rotation. Elle est transmise à la génératrice via le multiplicateur.</p> <p>Les pales peuvent pivoter d'environ 90 degrés sur leur axe grâce à des vérins hydrauliques montés dans le moyeu. La position des pales est alors ajustée par un système d'inclinaison, appelé « Vestas Pitch System ». Ainsi, les variations de vitesse de vents sont constamment compensées par l'ajustement de l'angle d'inclinaison des pales. Le « Vestas Pitch System » est conçu pour optimiser au maximum la production de l'éolienne.</p> <p>Dans le cas où la vitesse de vent devient trop importante risquant d'amener une usure prématurée des divers composants ou de conduire à un emballement du rotor, le « Vestas Pitch System » ramène les pales dans une position où elles offrent le moins de prise au vent, dite « en drapeau », conduisant à l'arrêt du rotor (freinage aérodynamique).</p>	
	Multiplicateur (Gearbox) <i>Multiplie la vitesse de rotation issue de l'arbre lent</i>	Description	<p>Le multiplicateur permet de multiplier la vitesse de rotation d'un facteur de l'ordre de 100 à 130 selon les modèles, de telle sorte que la vitesse de sortie (« arbre rapide ») est d'environ 1 500 tours par minute. Le multiplicateur est constitué d'un étage de train épicycloïdal et de deux arbres parallèles à roues dentées à dentures hélicoïdales.</p> <p>Sur l'arbre rapide du multiplicateur est monté un disque de frein, à commande hydraulique, utilisé pour l'arrêt de la turbine en cas d'urgence.</p>
	Générateur et Transformateur	Description	Les éoliennes sont équipées d'un système générateur/transformateur fonctionnant à vitesse

Eolienne Vestas V136		
<i>Produit de l'énergie électrique à partir de l'énergie mécanique</i> <i>Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</i>		variable (et donc à puissance mécanique fluctuante). Le générateur, de type asynchrone, convertit l'énergie mécanique en énergie électrique. Il s'agit d'un générateur triphasé, du type quadripolaire à rotor bobiné avec alimentation électrique du stator au démarrage. Il délivre deux niveaux de tension différents (690 V et 480 V en courant alternatif) qui sont dirigés vers le transformateur qui élève la tension de 690 V à 20 000 V.
Nacelle <i>Supporte le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</i>	Arbre de rotor <i>Transmet le mouvement de rotation des pales</i>	Entraîné par les pales
	Description	<p>La nacelle se situe au sommet de la tour et abrite les composants mécaniques, hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne. Elle est constituée d'une structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre et est équipée de fenêtres de toit permettant d'accéder à l'extérieur.</p> <p>Le système de refroidissement Vestas CoolerTop™ assure le refroidissement des principaux éléments de l'éolienne et sert également de support pour les balisages lumineux et les capteurs de vent (voir la photo ci-après). Ces capteurs à ultrasons mesurent en permanence la vitesse et la direction du vent. La nacelle n'est pas fixée de façon rigide à la tour. La partie intermédiaire entre la tour et la nacelle constitue le système d'orientation, appelé « yaw system », permettant à la nacelle de s'orienter face au vent.</p>
Système de freinage	Frein principal aérodynamique	Orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours
	Frein auxiliaire mécanique	Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide
Mât <i>Supporte le rotor et la nacelle.</i>	Type	Tubulaire en acier
	Nombre de sections	5
	Protection contre la corrosion	Revêtement multicouche résine époxy
	Fixation du pied du mât	Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation.
	Description	<p>La tour permet également le cheminement des câbles de puissances et de contrôle et abrite :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Une échelle d'accès à la nacelle</li> <li>Un élévateur de personnes</li> <li>Une armoire de contrôle et des armoires de batteries d'accumulateurs (en point bas)</li> <li>Les cellules de protection électriques.</li> </ul>
Transformateur <i>Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</i>	Caractéristiques	Dans la nacelle Tension de 20 kV à la sortie
Fondation <i>Ancre et stabilise le mât dans le sol</i>	Type	En béton armé, de forme octogonale
	Dimensions	Le massif de fondation est composé de béton armé et conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2. Les fondations ont entre 3 et 5 mètres d'épaisseur pour un diamètre de l'ordre d'une vingtaine de mètres. Ceci représente une masse de béton d'environ 1 000 tonnes. Un insert métallique disposé au centre du

Eolienne Vestas V136		
		massif sert de fixation pour la base de la tour. Il répond aux prescriptions de l'Eurocode 3. Cette structure doit répondre aux calculs de dimensionnement des massifs qui prennent en compte les caractéristiques suivantes : Le type d'éolienne ; La nature des sols ; Les conditions météorologiques extrêmes ; Les conditions de fatigue.
Périodes de fonctionnement	1,1 à 3 m/s	Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent
	Environ 3 m/s	Le vent est suffisant pour générer de l'électricité. L'éolienne peut être couplée au réseau électrique
	> 3 m/s	La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent
	Environ 12 à 25 m/s	L'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales
Poste de livraison <i>Adapte les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public</i>	Caractéristiques	Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV

Tableau 12 : Synthèse du fonctionnement des éoliennes Vestas V136

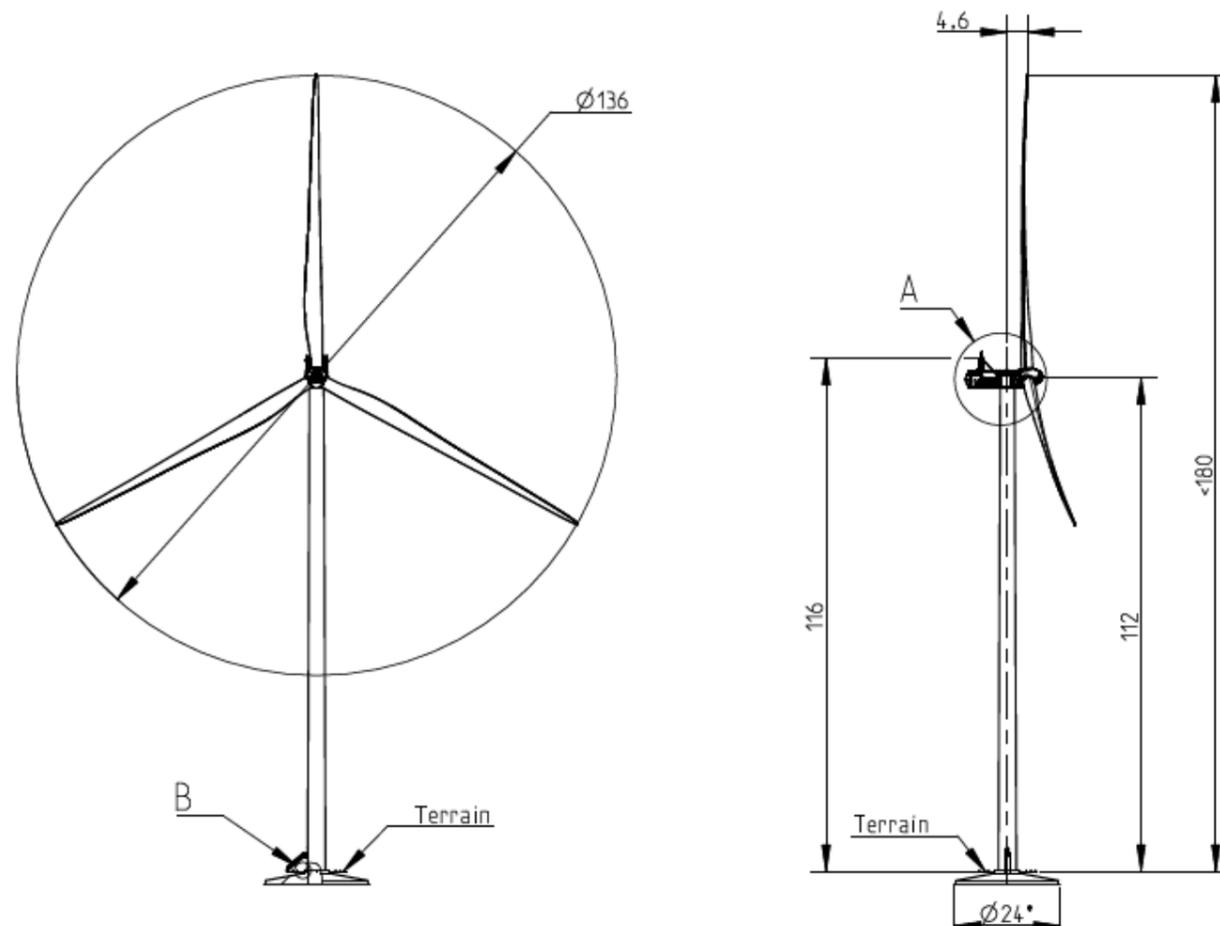


Figure 6 : Schéma d'une éolienne Vestas V136 HH112

## D.2-2. Sécurité de l'installation

L'objectif de ce paragraphe est de montrer que l'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité. La description des différents systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans le chapitre G de l'étude de dangers.

### D.2-2a Conformité par rapport aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié le 10 décembre 2021 relatif aux installations soumises à autorisations au titre de la rubrique 2980 des ICPE

Seuls les articles en lien direct avec la sécurité sont mentionnés ci-après. Les articles en lien avec les phases de maintenance feront l'objet du paragraphe suivant.

#### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 3 - DISTANCE PAR RAPPORT AUX TIERS

Nous avons constaté qu'aucune habitation et qu'aucun établissement susceptible d'accueillir du public ne se trouvait dans le périmètre de 500 mètres autour des éoliennes.

Sans préjudice de la distance minimale d'éloignement imposée par les articles L. 515-44 et le cas échéant L.515-47 du code de l'environnement, l'installation est implantée à une distance minimale de 300 mètres :

- d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ;
- d'une installation classée pour la protection de l'environnement relevant de l'article L. 515-32 du code de l'environnement.

Les distances d'éloignement sont mesurées à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur de l'installation.

#### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 4 - RADARS ET SYSTEMES D'AIDE A LA NAVIGATION

Tout comme le parc éolien de Hombleux 2 à renouveler, le projet est situé à environ 66 km du radar militaire de Doullens. KALLISTA Energy a consulté les forces armées en novembre 2020 pour un projet de 4 aérogénérateurs d'une hauteur sommitale de 180 m pale à la verticale. Dans son courriel du 26 février 2021 en réponse à la consultation précitée, la DIRCAM précise que le projet ne fait l'objet d'aucune prescription locale.

Les éoliennes sont situées en dehors des zones de protection et de coordination des radars météorologiques, des radars militaires et des radars de l'Aviation civile selon la carte officielle de l'OACI.

L'aérodrome civil le plus proche est celui de Frétoy-le-Château, à plus de 6 km dont l'extrémité de la piste se situe dans l'aire d'étude rapprochée. Celui-ci est utilisé par une école de parachutisme et ne fait pas l'objet d'un plan de servitude. La Direction générale de l'aviation civile – département SNIA Ouest – dans son courriel du 24/04/2020 indique que le remplacement des éoliennes existantes par des éoliennes de 180 m ne porte atteinte ni aux servitudes aéronautiques ou radioélectriques gérées par la DGAC, ni aux installations de guidage des aéronefs. Il précise également que le projet respecte les procédures de navigation aérienne.

En outre, le projet respecte les distances minimales d'éloignement prévues par le point 12° d de l'article D. 181-15-2 du code de l'environnement concernant les radars météorologiques en étant à plus de :

- 20 km d'un radar de bande de fréquence C,
- 30km d'un radar de bande de fréquence S,
- 10 km d'un radar de bande de fréquence X.

Pour les aspects de la sécurité de la navigation maritime et fluviale, les aérogénérateurs sont implantés dans le respect des distances minimales d'éloignement à savoir à plus de :

- 20 km d'un radar portuaire,
- 10 km d'un radar de centre régional de surveillance et de sauvetage (CROSS),
- et autres radars utilisés dans le cadre des missions de sécurité météorologique des personnes et des biens et de sécurité à la navigation maritime et fluviale.

### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 7 - ACCES AU SITE

Les services d'incendies et de secours pourront accéder au site par tout temps via les voies carrossables utilisées pour la maintenance du site.

### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 8 - NORMES

L'ensemble nacelle / pales / rotor / mât fourni sera conforme à la norme NF EN 61 400-1 ou IEC 61 400-1, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne.

L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée. En outre l'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 125-17 du code de la construction et de l'habitation.

### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 9 - MISE A LA TERRE

L'ensemble de l'aérogénérateur est mis à la terre et respecte la norme NF EN IEC 61 400-24 (dans sa version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale). Plusieurs paratonnerres sont installés sur les pales, la nacelle et le mât. Chaque pale est pourvue d'une pointe en aluminium ou d'un récepteur de foudre de chaque côté de la pointe qui dévie le courant de la foudre par un câble en acier vers le moyeu du rotor. Les opérations de maintenance du système de la mise à la terre incluront un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

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.

### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 10 - INSTALLATIONS ELECTRIQUES

Les générateurs sont bien conformes à la Directive Machines du 17 mai 2006. Quant aux installations électriques extérieures aux générateurs (réseau inter-éolien, poste de livraison), elles respecteront les normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200 dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale. Les installations électriques seront entretenues et maintenues en bon état et seront 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 aux dites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.

### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 11 - BALISAGE

Le balisage des machines sera bien conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 de l'aviation civile et respectera notamment l'arrêté du 13 novembre 2009 complété par l'arrêté du 7/12/2010 et du 23 avril 2018 (modifié le 29 mars 2022) relatif à la réalisation du balisage des éoliennes qui indique que l'ensemble du parc éolien doit être balisé.

Conformément aux exigences de l'Aviation civile (DGAC) et de l'Armée de l'Air, notifiées dans l'arrêté ministériel du 13 novembre 2009 et du 23 avril 2018 modifié le 29 mars 2022, les éoliennes seront équipées de feux de signalisation diurne et nocturne :

- Balisage diurne : 20 000 Cd blanc
- Balisage nocturne : 2 000 Cd rouge

Ce type de balisage aéronautique présente moins d'impact visuel que de peindre en rouge le bout des pales, comme cela se fait dans d'autres pays européens.

Le balisage du parc éolien fera l'objet d'une concertation ultérieure avec les services aéronautiques. De plus, les feux à éclats seront synchronisés au sein d'un même parc afin de limiter l'effet de « clignotement ».

### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 13 - ACCES INSTALLATION

Les personnes étrangères à l'installation et aux services de secours n'auront pas accès à l'intérieur des éoliennes. Ces dernières, tout comme les accès au poste de transformation, de raccordement ou de livraison étant fermées à clefs.

### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 14 - CONSIGNES DE SECURITE

Les prescriptions à observer par les tiers seront affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :

- les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;
- l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;
- la mise en garde face aux risques d'électrocution ;
- la mise en garde face au risque de chute de glace.

Les consignes de sécurité et autres mises en garde seront affichées sur les chemins d'accès au site et facilement lisibles.

### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 15 - COMPETENCE DU PERSONNEL

Le personnel amené à travailler sur le site éolien sera formé sur les risques présentés par l'installation, les moyens mis en œuvre pour les éviter et les procédures d'urgence à appliquer.

La réalisation des exercices d'entraînement, les conditions de réalisations de ceux-ci, et le cas échéant les accidents/incidents survenus dans l'installation, seront consignés dans un registre qui contiendra également l'analyse de retour d'expérience réalisée par l'exploitant et les mesures correctives mises en place

### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 16 - MATERIAUX COMBUSTIBLES OU INFLAMMABLES

L'entreposage de ce type de matériaux est interdit dans les éoliennes.

### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 17 - PHASES D'ESSAIS

Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalisera des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements.

Ces essais comprennent :

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

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

### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT AUX ARTICLES 20 ET 21 - TRAITEMENT DES DECHETS

Les déchets générés par l'exploitation seront traités et si possible valorisés dans des centres adéquats. Aucun déchet ne sera brûlé à l'air libre.

### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 22 - CONSIGNES DE SECURITE

Des consignes de sécurité sont déjà établies et portées à connaissance du personnel. Elles indiqueront :

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

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

Le maître d'ouvrage confiera la maintenance de l'installation aux équipes de techniciens de son service maintenance en lien avec celui du constructeur du modèle retenu. Les procédures d'urgences et les consignes de sécurités seront respectées.

#### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 23 - SYSTEME DE DETECTION CONTRE LES INCENDIES

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

#### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 24 - MOYEN DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Chaque éolienne sera équipée de plusieurs systèmes d'alarmes et d'au moins deux extincteurs. En respect des normes en vigueur, deux extincteurs portatifs à poudre destinés à combattre les débuts d'incendies seront installés respectivement au pied du mât et dans la nacelle. Rappelons en outre que la majeure partie de l'éolienne est constituée de matériaux non inflammables (mât en acier et fondation en béton, machines, freins, génératrice (...) en métal), et que les seuls composants inflammables sont les pales du rotor et la nacelle (matière plastique renforcée de fibres de verre), les câbles et petites pièces électriques, les huiles mécaniques (combustibles mais non inflammables), les tuyaux et autres petites pièces en matière plastique et les transformateurs.

#### ■ CONFORMITE PAR RAPPORT A L'ARTICLE 25 - PROTECTION CONTRE LES JETS DE GLACE

Chaque éolienne sera équipée d'un système de déduction de glace. Le système de contrôle procède à un arrêt automatique de l'éolienne s'il relève une inadéquation entre la puissance produite et la vitesse du vent (en cas de présence de glace ou de givre sur les pales, le rendement de la machine se trouve affecté).

#### ■ NORMES ET CERTIFICATIONS APPLICABLES A L'INSTALLATION

Le type d'éolienne implanté sur le site respectera les normes NF EN CEI 61 400 et NF EN 61 400-1 spécifiant les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégralité technique des éoliennes et fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie des aérogénérateurs.

#### ■ ORGANISATION DES SERVICES DE SECOURS EN CAS D'ACCIDENT

En cas d'incident, un système de détection permet d'alerter à tout moment l'opérateur. Ce dernier peut alors transmettre l'information aux services d'urgence compétents les plus proches dans un délai inférieur à 15 minutes.

Les secours sont réalisés par les services des SDIS ou GRIMP en fonction du lieu et de la nature de l'incident, à l'appréciation des services de secours eux-mêmes.

Les procédures sont celles décrites :

- Dans le plan de prévention annuel établi en concertation avec les sous-traitants et signés par eux et conformément au Code du Travail. L'intégralité du personnel intervenant dans les éoliennes est formé aux procédures de secours en machines (premiers secours notamment secours en échelle, évacuation d'urgences par l'intérieur et l'extérieur). Les consignes d'appels aux secours sont enseignées, rappelées dans le plan de prévention et dans chacune des éoliennes.
- Sur les panneaux situés sur les chemins d'accès et sur chacune des éoliennes ou poste électrique pour ce qui concerne la conduite à tenir en cas de situation anormale ou face au risque électrique.

En cas d'alerte à distance, selon les circonstances et l'évaluation de la gravité et de l'urgence, une levée de doute pourra être initiée par les moyens les plus proches (sous-traitant, opérateur local ou éventuellement autorité locale ou riverains tel que les exploitants agricoles des parcelles louées). Un appel sur le 18 sera sinon effectué par le personnel d'astreinte. 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. La transmission de l'alerte au personnel d'astreinte est réalisée sur code d'erreur transmis par SMS sur le numéro d'astreinte.

La procédure actuelle interne à Kallista Energy liée à la Gestion des détections incendie et survitesse et en application des articles 23 et 24 de l'arrêté du 26 août 2011, tel que modifié par l'arrêté du 10 décembre 2021, a été révisée en 2020 pour tenir compte de la modernisation de la technologie de transmission d'alarme (mise en place de numéros régionaux).

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

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

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

### D.2-3. Opérations de maintenance de l'installation

Une maintenance prédictive et préventive des éoliennes sera mise en place. Celle-ci porte essentiellement sur l'analyse des huiles, l'analyse vibratoire des machines tournantes et l'analyse électrique des éoliennes. La maintenance (prédictive et préventive) des éoliennes sera réalisée par le constructeur des machines. En effet, pour l'ensemble de ses parcs éoliens, Kallista Energy souhaite, dans la mesure du possible, confier ces opérations au constructeur dont les équipes sont les plus à même de connaître les spécificités de leurs éoliennes et de réaliser une maintenance des plus efficaces. Le centre de maintenance Vestas le plus proche, chargé de la maintenance des éoliennes actuelles, est situé à Saint-Quentin à environ 25 km du parc. Pour le présent projet de renouvellement, en fonction des modèles d'éolienne envisagés, le centre de maintenance Vestas situé à Saint-Quentin pourra poursuivre la maintenance de celui-ci, ou le centre de maintenance Enercon le plus proche du site, situé à Péronne, pourra s'en charger. Les équipes de maintenances pourront donc intervenir sur le parc dans un délai raisonnable d'environ 30 min.

La maintenance préventive des éoliennes a pour but de réduire les coûts d'interventions et d'immobilisation des éoliennes. En effet, grâce à la maintenance préventive, les arrêts de maintenance sont programmés et optimisés afin d'intervenir sur les pièces d'usure avant que n'intervienne une panne.

Les arrêts de production d'énergie éolienne sont anticipés pour réduire leur durée et leurs coûts.

L'Arrêté du 26 Août 2011 modifié le 10 décembre 2021 indique que le fonctionnement de l'installation est assuré par « un organisme compétent » disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours (Art. 17).

Trois mois, puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât de chaque aérogénérateur. Le contrôle de l'ensemble des brides et des fixations de chaque aérogénérateur peut être lissé sur trois ans tant que chaque bride respecte la périodicité de trois ans. (Art. 18).

L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation, ainsi que les modalités de réalisation des tests et des contrôles de sécurité, notamment ceux visés par le présent arrêté.

L'exploitant tient à jour pour chaque installation un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien, leur nature, les défaillances constatées et les opérations préventives et correctives engagées. » (Art. 19).

Conformément à l'article 18, des contrôles réguliers seront menés afin de s'assurer du bon comportement de l'éolienne.

Un manuel d'entretien sera disponible et des opérations de maintenance régulièrement réalisées et enregistrées.

Les maintenances préventives sont différentes pour chaque type d'éolienne et constructeur. Mais généralement les opérations de maintenance préventives se déroulent après le premier trimestre suivant la mise en service du parc éolien. D'autres opérations ont lieu six mois après, puis un an après.

L'entretien annuel est en règle générale beaucoup plus poussé que l'entretien semestriel.

Ces entretiens périodiques consistent, en résumé, en des opérations de :

- Lubrifications (pales, axe lent, génératrice, réducteurs d'orientation, etc.) ;
- Vérification visuelle des pales ;
- Vérification des boulons (des pales et de la tour), visuelle ou par échantillonnage ;
- Test du groupe hydraulique ;
- Inspection du multiplicateur, de la génératrice, du transformateur, des systèmes de freins, ... ;
- Tests de fonctionnement via l'automate (survitesse, etc).

A ces entretiens, s'ajoutent des entretiens de pales et les contrôles réglementaires (lignes de vie, rail, treuil de levage, monte-personne).

En résumé, un entretien préventif des éoliennes aura lieu tous les six mois.

L'entretien des différents composants de l'installation d'une éolienne s'effectuera à différentes périodes et est d'importance variable. Outre l'entretien prévisionnel, des inspections de l'éolienne dans sa totalité ou de groupes de composants peuvent avoir lieu à tout moment.

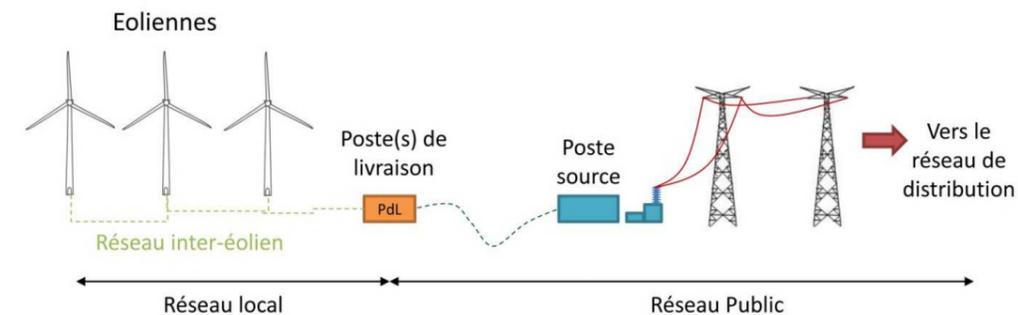
Des informations plus détaillées pourront être fournies à l'inspection des installations classées au moment de la mise en service du parc éolien.

#### D.2-4. Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié, l'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre et aucun matériaux inflammable ou combustible ne sera entreposé dans les éoliennes du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.

#### D.2-5. Fonctionnement des réseaux de l'installation

Figure 7 : Principe du raccordement électrique des installations



#### ■ RESEAU INTER-EOLIEN

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, situé dans la nacelle de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public en 20 000 V. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur de 80 cm à 1,2 m.

Les éoliennes E2 et E3 du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2 sont interconnectées tandis que E4 est directement raccordée au poste de livraison électrique par un réseau de câbles électriques triphasés HTA (tension nominale : 20 000 V).

Ces ouvrages seront établis suivant les prescriptions de l'arrêté technique du 17 mai 2001 conformément aux règles de l'art et suivant les publications UTE.

Ainsi, ces ouvrages sont conformes à la réglementation technique en vigueur.

#### ■ 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.

Remarque : Certains parcs éoliens, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison, voire se raccorder directement sur un poste source, qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension). La localisation exacte des emplacements des postes de livraison est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée.

Pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, un poste de livraison électrique est prévu.

#### ■ RESEAU ELECTRIQUE EXTERNE

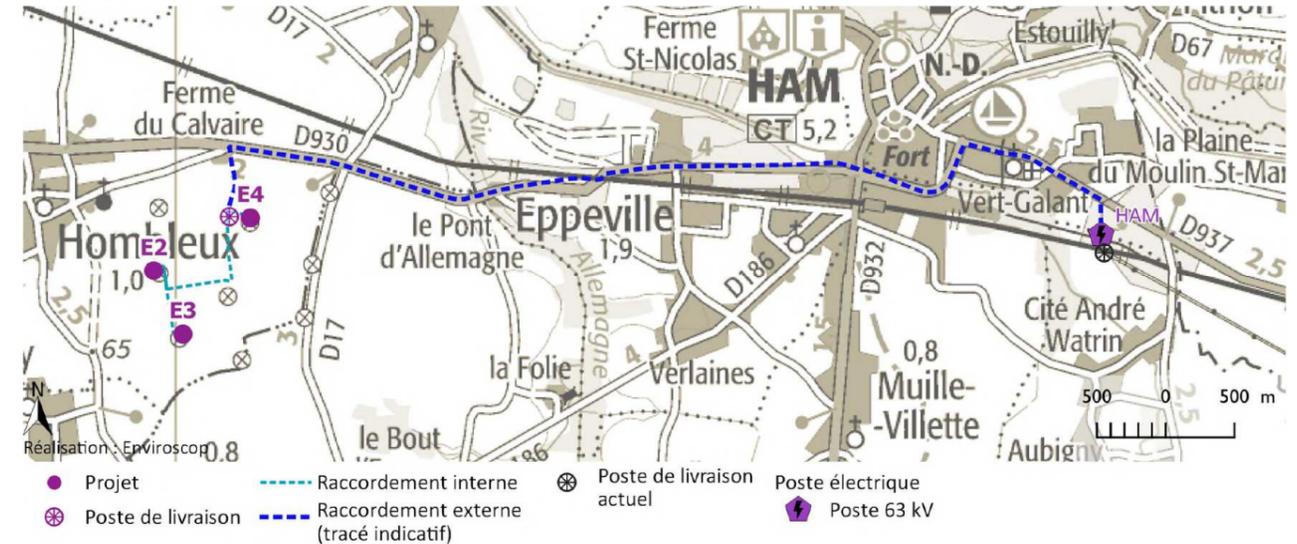
Le réseau électrique externe relie le poste de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution. Il est lui aussi entièrement enterré.

Le poste source envisagé est le même que celui du parc actuel à savoir celui de HAM. La puissance du renouvellement de ce parc éolien sera donc probablement injectée sur ce même poste source, en partie en substitution de la puissance déjà fournie par le parc actuellement en exploitation. Le raccordement externe est de la compétence du gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité.

#### ■ AUTRES RESEAUX

Le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2 ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.

Figure 8 : Présentation des raccordements envisagés pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2



## E. 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.

### E.1 POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement. Les produits identifiés dans le cadre du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2 sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

Tableau 13 : Exemple des quantités estimées de lubrifiants présents dans une éolienne N149

Nota : Graisse = lubrifiant solide ; huile = lubrifiant liquide. Source. NORDEX 2020. Nordex N149

Lieu de lubrification	Désignation	Lubrifiant	Quantité	Classe de matière dangereuse
Système de refroidissement /Génératrice, /Convertisseur	Varidos FSK 45	Liquide de refroidissement	env. 300 L	Xn
Roulements de la génératrice	Klüberplex BEM 41-132	Graisse	env. 12 kg	-
Multiplicateurs, circuits de refroidissement inclus	Mobilgear SHC XMP 320 Castrol Optigear Synthetic X320 Fuchs RENOLIN UNISYN CLP 320	Huile minérale Huile synthétique	Max. 800 L	-
Système Hydraulique	Shell Tellus S4 VX 32	Huile minérale	env. 25 L	Xn, Xi, N
Roulement du rotor	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	env. 30 kg	-
Roulement d'orientation des pales	Fuchs Gleitmo 585K	Graisse	Env. 60 kg	-
Boite de vitesse du système d'orientation des pales	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3 x 11 L	-
Boite de vitesse du système d'orientation de la nacelle	Mobil SHC 629	Huile synthétique	4x 27 L	-
Roulements du système d'orientation de la nacelle	Fuchs Gleitmo 585K	Graisse	13 kg	-
Transformateur (sec)	-	-	-	-

La liste est fournie dans le tableau précédent selon une estimation pour une éolienne correspondant aux gabarits envisagés pour les éoliennes du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2. Aussi, les éoliennes du parc devraient avoir des quantités similaires voir inférieures.

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

Les risques associés aux différents produits concernant le site du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2 sont :

- **L'incendie** : des produits combustibles sont présents sur 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.

### E.2 POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2 sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 14 : 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	Energie cinétique d'éléments de pales
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute
Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments	Energie cinétique de projection
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Energie cinétique de chute

## E.3 REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

### E.3-1. Principales actions préventives

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

#### E.3-1a Réduction des dangers liés aux produits

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. Ils doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon leur type.

Les quantités de produits ne peuvent être diminuées et les produits lubrifiants en eux-mêmes ne peuvent faire l'objet de substitution (considérés comme non dangereux pour l'environnement si utilisés comme recommandés et combustibles mais non inflammables).

Les produits de nettoyage de type solvant, classés comme dangereux pour l'environnement peuvent quant à eux potentiellement faire l'objet de substitution. On rappelle cependant que ces produits ne sont utilisés que de manière ponctuelle et ne sont pas présents sur le site.

On note que la nacelle fait office de bac de récupération en cas de fuite au niveau de la couronne d'orientation. Le transformateur, présent dans 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.

#### E.3-1b Réduction des dangers liés aux installations

Plusieurs démarches préalables concernant les implantations des éoliennes et le choix de la technologie utilisée ont permis de réduire les potentiels de dangers identifiés sur le site et de garantir une sécurité optimale de l'installation.

Lors de la démarche de conception du projet, le porteur de projet a étudié plusieurs scénarios d'implantation afin de déterminer celui qui minimise les impacts vis-à-vis des intérêts mentionnés par l'article L511-1 du code de l'environnement.

Dans le cadre de l'étude d'impacts, le choix de localisation des éoliennes a fait l'objet d'études spécifiques :

- analyse paysagère,
- analyse de l'environnement naturel,
- analyse de l'environnement humain,
- analyses des contraintes techniques,
- disponibilité foncière,
- volontés politiques locales.

L'exploitant a effectué des choix techniques pour implanter les éoliennes le plus à l'écart des zones à enjeux, le choix même du site correspondant à un **secteur éloigné de toute habitation**. Le respect des prescriptions générales de l'arrêté du 26 août 2011 modifié impose au projet :

- Un éloignement des éoliennes de 500 m des zones dédiées aux habitations.
- Un choix d'éoliennes respectant les normes de sécurité et disposant d'équipements de prévention des risques.
- La réalisation obligatoire d'un contrôle technique des ouvrages.
- Le projet bénéficie de l'expérience de KALLISTA Energy dans le développement et l'exploitation de parcs éoliens.

Il apparaît donc que les choix effectués lors de la phase de conception du projet ont permis de proposer une implantation réduisant les potentiels de dangers.

En outre, les mesures générales de prévention limitant les risques d'accident sur le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2 sont les suivantes :

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

### E.3-2. Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

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

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

## F. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

L'objectif de ce chapitre de l'étude de dangers est de rappeler les différents incidents et accidents qui sont survenus dans la filière éolienne, afin d'en faire une synthèse en vue de l'analyse des risques pour l'installation et d'en tirer des enseignements pour une meilleure maîtrise du risque dans les parcs éoliens. L'analyse des retours d'expérience vise à faire émerger des typologies d'accidents rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie H. pour l'analyse détaillée des risques.

### F.1 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

L'inventaire des incidents et accidents en France permet d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter un parc éolien. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (oct. 2012), et est complété par les données disponibles dans la base de données ARIA (Ministère du Développement Durable) et IRIS et certains articles de presse divers. Voir le Tableau de l'accidentologie française au J.3 en page 55.

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

- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable ;
- Base de données IRIS (Information - Réactivité - Implication – Sécurité) : liste des accidents survenus sur les parcs français (métropole et Outre-mer) ;
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- Site Internet de l'association « Vent de Colère » ;
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » ;
- Articles de presse divers ;
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France

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

La base de données réalisée par le groupe de travail SER/FEE pour l'édition du « guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » apparaît comme la plus représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français entre 2000 et 2012. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012, lors du travail réalisé par les membres du groupe de travail SER/FEE.

On recense 101 accidents enregistrés en France entre 2000 et avril 2022 par les bases de données ARIA et IRIS. Ce recensement met en évidence que les aérogénérateurs accidentés sont notamment les modèles anciens, qui ne bénéficiaient généralement pas des dernières avancées technologiques.

Le graphique en Figure 9 ci-dessous montre la répartition des différentes catégories d'événements accidentels recensés et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et Avril 2022. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des conséquences sur les zones autour des aérogénérateurs.

Dans ce graphique, sont présentés :

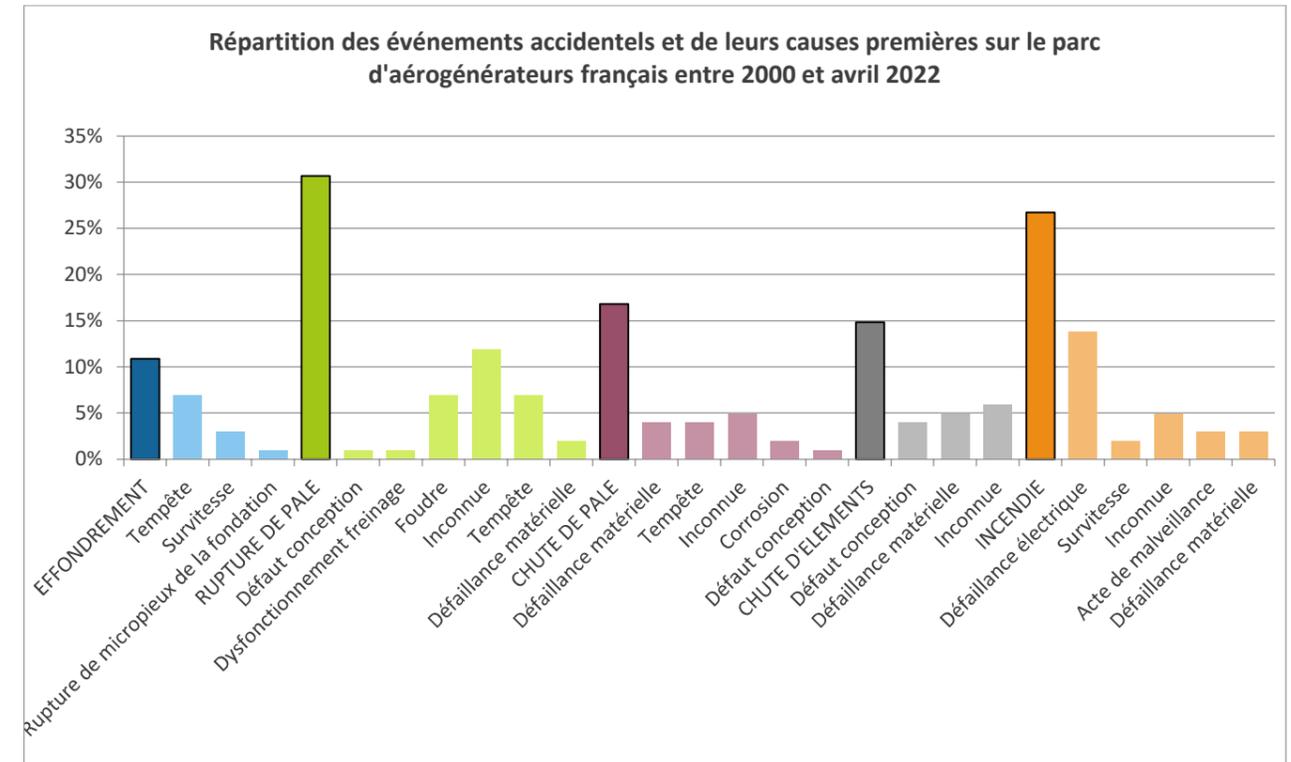
- La répartition des catégories des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents observés en France : effondrement, rupture de pale, chute de pale, chute d'éléments et incendie. Ces catégories sont représentées par des histogrammes de couleur foncée bordés de noir, intitulées en majuscule ;

- La répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés dans une catégorie d'événements accidentels en France. Elles sont représentées par des histogrammes sans bordure, de couleur claire.

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les incendies, les chutes de pale, et des autres éléments, et l'effondrement de l'éolienne. Les principales causes de ces accidents sont liées aux défaillances électriques et matérielles, et aux tempêtes.

Figure 9 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français

Réalisation KALLISTA Energy, mise à jour avril 2022. | Sources : retour d'expérience de la filière éolienne du guide INERIS 2012, complément par KALLISTA Energy d'après consultation bases ARIA et IRIS et articles de presse

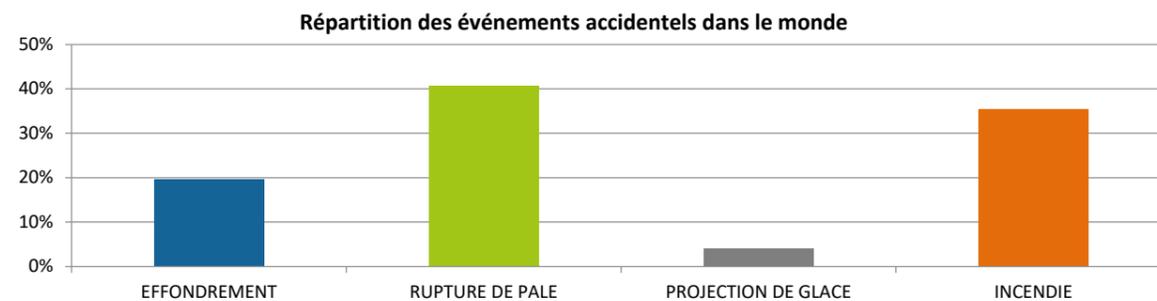


## F.2 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010, et actualisé jusqu'à fin décembre 2021. La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 2 797 accidents décrits dans la base de données, seuls 1 138 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

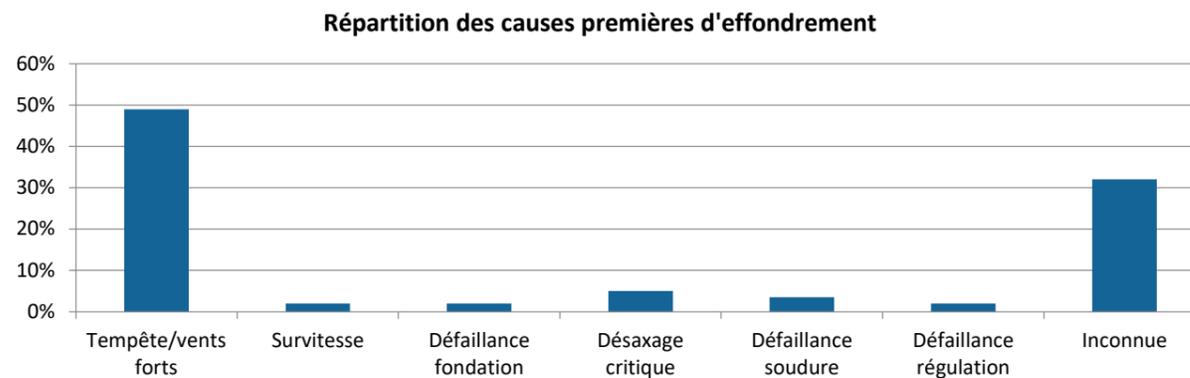
Remarque : cette base de données n'est plus suivie par cette ONG depuis 2022.

**Figure 10 : Répartition des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs mondial**  
Réalisation Enviroscop, mise à jour 2021. | Sources : retour d'expérience de la filière éolienne du guide INERIS 2012, complément par Enviroscop d'après CWIF. Données d'avant 2000 à fin décembre 2021

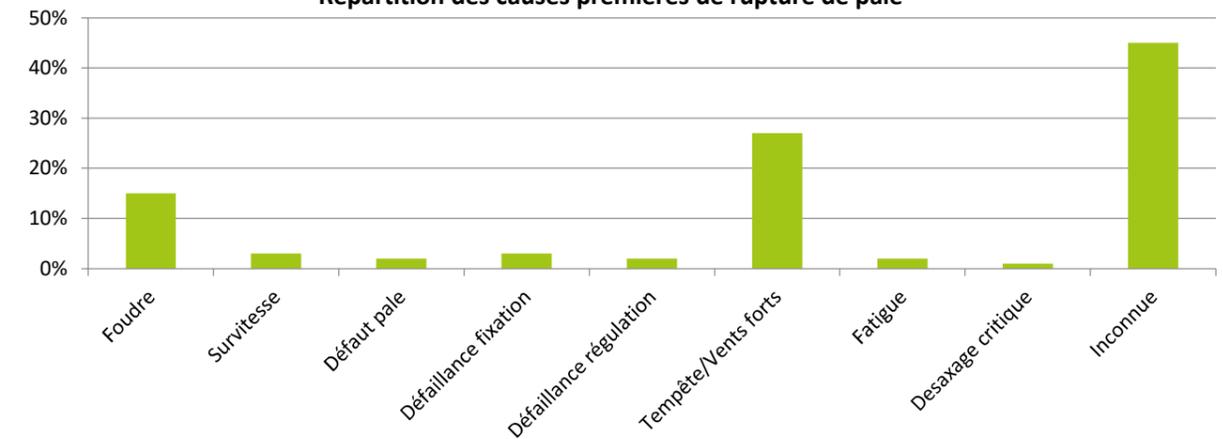


Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

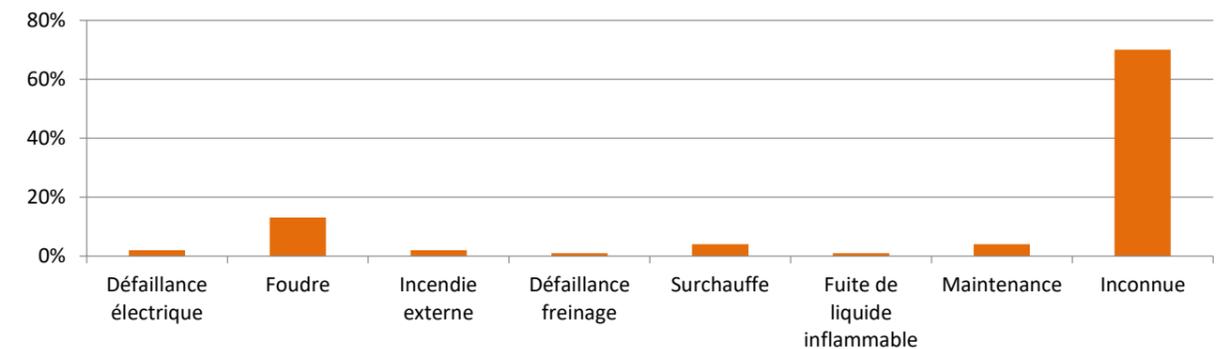
**Figure 11 : Répartition des principales causes des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs mondial**  
Réalisation Enviroscop, mise à jour mars 2022. | Sources : retour d'expérience de la filière éolienne du guide INERIS 2012, complément par Enviroscop d'après CWIF. Données d'avant 2000 à fin décembre 2021



**Répartition des causes premières de rupture de pale**



**Répartition des causes premières d'incendie**



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.

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

En France, Kallista Energy exploite 25 parcs éoliens dont le plus vieux, renouvelé aujourd'hui, avait été mis en service en 2002. Aucun accident majeur n'a été recensé depuis cette date.

Ainsi, aucun accident majeur n'est survenu sur le parc éolien Hombleux 2 depuis sa mise en service en 2008.

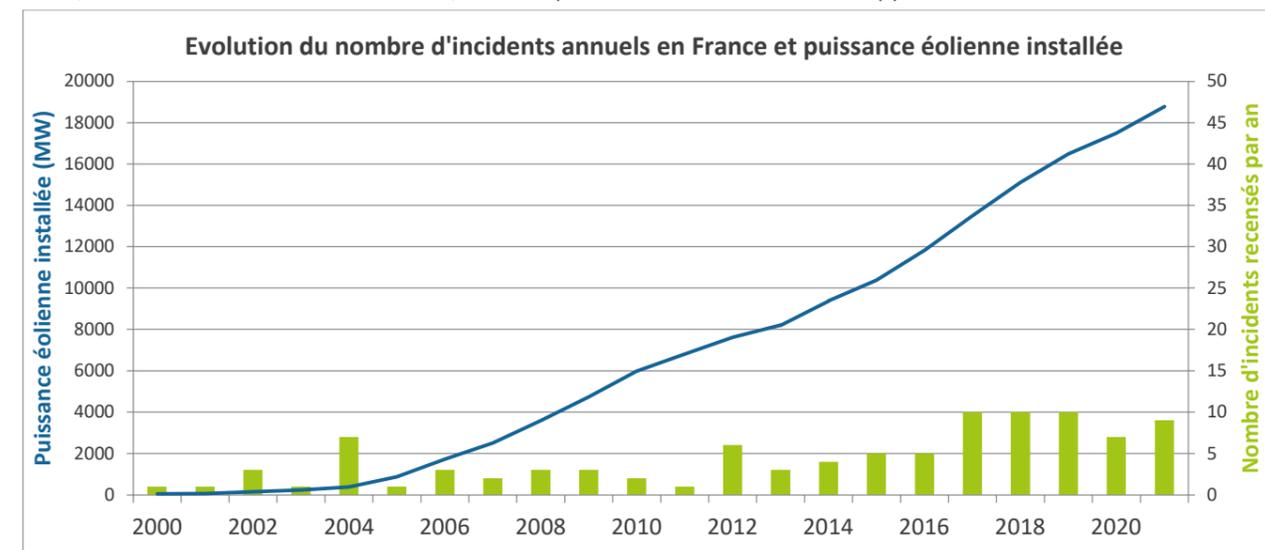
### F.4 SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

#### F.4-1. 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 de la puissance éolienne cumulée installée.

Figure 12 : Évolution du nombre d'incidents annuels en France et puissance raccordée

Réalisation KALLISTA Energy, avril 2022. Sources : retour d'expérience de la filière éolienne du guide INERIS 2012, consultation bases ARIA et IRIS, statistiques du Ministère du Développement Durable.



La figure ci-dessus montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement à la puissance installée (et donc 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 et est même à la baisse depuis 2019**. 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.

#### F.4-2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

### F.5 LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

- **La non-exhaustivité des événements** : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors certains événements ne sont pas reportés. En particulier, les événements les moins spectaculaires peuvent être négligés : chutes d'éléments, projections et chutes de glace ;
- **La non-homogénéité des aérogénérateurs inclus dans ce retour d'expérience** : les aérogénérateurs observés n'ont pas été construits aux mêmes époques et ne mettent pas en œuvre les mêmes technologies. Les informations sont très souvent manquantes pour distinguer les différents types d'aérogénérateurs (en particulier concernant le retour d'expérience mondial) ;
- **Les importantes incertitudes** sur les causes et sur la séquence qui ont mené à un accident : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents ;

L'analyse du retour d'expérience permet ainsi de dégager de grandes tendances, mais à une échelle détaillée, elle comporte de nombreuses incertitudes.

## G. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Les outils d'analyse des risques sont nombreux (ex : AMDEC, APR, HAZOP, etc.). La présente analyse utilise la méthode APR qui est souple d'utilisation, adaptée et plus facile à mettre en œuvre et à instruire dans le contexte des éoliennes, comme le conseille le guide de l'INERIS.

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

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accidents 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 potentiel pour une installation (ainsi que des mesures de sécurité) basée sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

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

### G.2 RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

Plusieurs événements initiateurs peuvent être exclus de l'analyse préliminaire des risques, soit parce que ces exclusions sont prévues dans la circulaire du 10 mai 2010 relative à la méthodologie applicable aux études de dangers, soit parce que les conséquences de cet événement seront largement supérieures aux conséquences de l'accident qu'il entraînerait sur l'éolienne.

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

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

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

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

### G.3 RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

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

#### G.3-1. Agressions externes liées aux activités humaines

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) sont recensées ici, à l'exception de la présence des aérodromes qui est reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km, et des autres aérogénérateurs qui sont reportés dans un rayon de 500 mètres.

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

Tableau 15 : Principales agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au centre du mât des éoliennes
<b>Voies de circulation</b>	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Aucune voie bitumée, uniquement des chemins ruraux ou d'exploitation. La voie bitumée la plus proche est la RD 930 à 495 m de E4.
<b>Aérodrome</b>	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Aucun aérodrome
<b>Ligne THT</b>	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Aucune ligne THT aérienne
<b>Autres aérogénérateurs</b>	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Deux éoliennes du parc de Hombleux 1 se situent à 425 et 464 m de E3. Au sein du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, toutes les éoliennes sont éloignées de plus de 500 m.

### G.3-2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Tableau 16 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
<b>Vents et tempête</b>	Le secteur est hors zone cyclonique. Entre 1981 et 2010, on observe 56,8 jours/an avec des vents de plus de 57 km/h (> 16 m/s), dont 1,8 jours avec des vents au-delà de 100 km/h (> 28 m/s). Selon l'observatoire français des tornades et des orages violents, la fréquence des tornades et des orages violents y est supérieure à la moyenne nationale.
<b>Foudre</b>	La densité de foudroiement est infime à faible.
<b>Glissement de sols / affaissement miniers</b>	Sensibilité aux remontées de nappes pour l'ensemble des éoliennes. Absence d'aléa de mouvement de terrain par effondrement (absence de cavité naturelle connue). Aléa faible de retrait et gonflement d'argile pour l'éolienne E3, absence d'aléa pour l'éolienne E2 et E4. Dans le cadre de la construction du parc éolien, une étude géotechnique sera réalisée et ses résultats permettront notamment de dimensionner correctement les fondations.

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

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques dès lors qu'il est vérifié que la norme IEC 61 400-24 ou la norme EN 62 305-3 est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 ci-après.

En ce qui concerne la foudre, on considère que le respect des normes rend le risque d'effet direct de la foudre négligeable (risque électrique, risque d'incendie, 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.

### G.4 SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Après avoir recensé, dans un premier temps, les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux (voir paragraphes E.1 et E.2), l'APR doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher le 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'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux ;
- une description des **phénomènes dangereux** dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- une évaluation préliminaire de la zone d'effets attendue de ces événements.

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

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

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience du groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

Tableau 17 : Analyse préliminaire des risques

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
« G » les scénarii concernant la glace						
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
« I » les scénarii concernant l'incendie						
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) Prévenir les effets de la foudre (N°6)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques Humides	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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
« F » les scénarii concernant les fuites						
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur Fuite groupe hydraulique	Écoulement d'huile 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
« C » les scénarii concernant la chute d'éléments de l'éolienne						
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe ou autre pièce	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central - mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
« P » les scénarii concernant les risques de projection						
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir les effets de la foudre (N°6) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°14) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
« E » les scénarii concernant les risques d'effondrement						
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 de fragments et chute de 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 de fragments et chute de mât	2
E03	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute de fragments et chute de mât	2
E04	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Chute de fragments et chute de mât	2
E05	Vents forts	Défaillance fondation/fixation fondation mât/défaillance mât	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°11) 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 de fragments et chute de mât	2
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°14)	Projection/chute de fragments et chute de mât	2
E07	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute de fragments et chute de 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. Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe 4.

## G.5 EFFETS DOMINOS

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

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

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

C'est la raison pour laquelle, **il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.**

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

*Dans le cadre du projet de renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, il n'y a aucune installation ICPE à moins de 100 mètres d'une éolienne.*

## G.6 MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

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

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 18 : Mesures de sécurité

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection ou de déduction redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise en drapeau des pales 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 modifié
Efficacité	100 %
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne
Maintenance	Vérification des capteurs du système de détection ou de déduction de givre lors des maintenances préventives annuelles.

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Installation d'un panneau d'affichage sur le chemin d'accès de chaque éolienne. Éloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace sur le chemin d'accès de chaque éolienne (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié).		
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	40 ms		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests lors des maintenances régulières		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. 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 modifié.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément aux articles 10 et 17 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010). Parafoudres sur la nacelle + récepteurs de foudre sur les 2 faces des pales. Mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation). Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Mesure de terre lors des vérifications réglementaires des installations électriques		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		

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	Vérification de la plausibilité des mesures de température		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. 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. Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération.		
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. Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants. 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 revêtement 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 qualifiées. Détecteurs de vibrations		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont équipées de capteurs		

	de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Vérification à réaliser après 1 an de mise en service du parc		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		

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 pales) par le système de conduite.		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 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	Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.		
Maintenance	Maintenance préventive du système pitch, notamment vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive du frein mécanique, notamment inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique.		

Fonction de sécurité	Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau électrique	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Surveillance et détection des défaillances du réseau électrique. Batteries ou accumulateurs hydrauliques pour chaque système pitch. Système d'alimentation sans coupure (UPS). Système de sécurité permettant d'empêcher la rotation de la nacelle.		
Description	Surveillance des défaillances réseau par le convertisseur principal qui entraîne la déconnexion de l'éolienne du réseau électrique. Commande de l'éolienne et communication externe assurées pendant environ 10 min (UPS), permettant l'arrêt automatique de l'éolienne.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	150 ms pour identifier une défaillance réseau 15 à 60 s pour l'arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage		
Efficacité	100%		
Tests	Vérification de la charge des batteries d'alimentation de secours de systèmes pitch et de la pression des accumulateurs hydrauliques. Test fonctionnel annuel du système de pitch de secours.		
Maintenance	Remplacement des batteries du système pitch au cours de la maintenance quinquennale. Rechargement annuel des accumulateurs hydrauliques. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>13</b>
Sans objet			

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir la dégradation de l'état des équipements</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>14</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Condition Monitoring System (CMS) Analyses d'huile		
<b>Description</b>	Données mesurée et traitées afin de détecter les dégradations des équipements. Le Condition Monitoring System (CMS) permet de suivre par une analyse vibratoire continue, l'état des éléments roulants de la chaîne cinématique du rotor, de l'arbre lent, du multiplicateur si présence, de la génératrice et de leur environnement. Les analyses d'huile de multiplicateur (et groupe hydraulique) sont complémentaires au CMS et permettent de détecter une usure anormale de ces composants.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Entre 12 heures et 6 mois selon le type de dégradation		
<b>Efficacité</b>	NA		
<b>Tests</b>	Traçabilité : rapport de service et rapports d'analyse d'huile		
<b>Maintenance</b>	NA		

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011 modifié au 10 décembre 2021. 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.

## G.7 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. Ne sont retenus que les séquences accidentelles dont l'intensité est telle que l'accident peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine.

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

Tableau 19 : Scénarios exclus de l'étude détaillée

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. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m <sup>2</sup> n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêt du 26 août 2011 modifié encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. 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 ou du transformateur</b>	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 modifié [9] 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 libérées dans le sol restent mineurs.  Le parc éolien n'étant pas implanté dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique, ce scénario ne sera pas détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques.

Remarque. Le guide INERIS de référence indique : « *Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul.* » Le site présente des températures moyennes hivernales au-dessus de 0°C. Toutefois, considérant le nombre de jours de gel observés, nous intégrerons ces scénarios dans l'analyse détaillée.

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

- Projection de tout ou partie de la 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.

## H. ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

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

### H.1 RAPPEL DES DÉFINITIONS

Comme la réglementation l'impose aux exploitants, l'étude de dangers doit caractériser chaque scénario d'accident majeur potentiel retenu dans l'étude détaillée des risques en fonction des paramètres suivants :

- cinétique
- intensité
- gravité
- probabilité

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 toxicité.

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

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

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

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

L'étude porte donc sur la probabilité que l'accident se produise, la vitesse avec laquelle il produit des effets et à laquelle les secours sont en mesure d'intervenir (cinétique), l'effet qu'il aura s'il se produit (intensité) et le nombre de personnes exposées (gravité).

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.

#### H.1-1. Cinétique

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

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

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

#### H.1-2. Intensité

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

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

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

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

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

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

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

Tableau 20 : Définition de l'intensité des effets

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.

### H.1-3. Gravité

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

Tableau 21 : Définition des seuils de gravité

Intensité / Gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée
« Désastreux »	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
« Catastrophique »	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
« Important »	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieux »	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
« Modéré »	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »

### H.1-4. Probabilité

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

Tableau 22 : Définition des échelles de probabilité

Niveaux	Échelle qualitative	Échelle quantitative (probabilité annuelle)
A	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.</i>	$P > 10^{-2}$
B	Probable <i>S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.</i>	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
C	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.</i>	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	Rare <i>S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.</i>	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	Extrêmement rare <i>Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.</i>	$\leq 10^{-5}$

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 :

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

Où

$P_{\text{ERC}}$  = 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.

### H.1-5. Niveau de risque

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

Tableau 23 : Définition des niveaux de risques et de leur acceptabilité

GRAVITÉ (conséquences sur les personnes exposées au risque)	Classe de Probabilité				
	E Événement extrêmement rare	D Événement rare	C Événement improbable	B Événement probable	A Événement courant
Désastreux	Risque faible	Risque important	Risque important	Risque important	Risque important
Catastrophique	Risque faible	Risque faible	Risque important	Risque important	Risque important
Important	Risque faible	Risque faible	Risque faible	Risque important	Risque important
Sérieux	Risque très faible	Risque très faible	Risque faible	Risque faible	Risque important
Modéré	Risque très faible	Risque très faible	Risque très faible	Risque très faible	Risque faible

Légende de la matrice :

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

## H.2 CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

### H.2-1. Effondrement de l'éolienne

#### ■ ZONE D'EFFET

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale (le périmètre de ruine), soit **180 m dans le cas du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2**.

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

#### ■ INTENSITE

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.

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 renouvellement du parc éolien de Hombleux 2. R est le rayon du rotor ( $R = D_{rotor}/2 = 69,125 \text{ m}$ ), LB la largeur maximale de la pale de forme triangulaire ( $LB=4,1 \text{ m}$ ), H la hauteur du mât au moyeu ( $H=112 \text{ m}$ ), Htot la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale ( $H_{tot}= 180 \text{ m}$ ) et L la largeur du mât à la base ( $L=4,7 \text{ m}$ ).

Tableau 24 : Intensité de l'effondrement d'une éolienne

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup> = $(H \times L) + 3 \times (R \times LB / 2)$	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup> = $\pi \times (H_{tot})^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % $Z_i/Z_e$	Intensité de l'exposition
$(112 \times 4,7) + 3 \times (69,125 \times 4,1 / 2) = 952 \text{ m}^2$	101 788 m <sup>2</sup>	0,93 %	Exposition modérée

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

#### ■ GRAVITE

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

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Tableau 25 : Gravité du risque de l'effondrement d'une éolienne

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)					
Eolienne	Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
	Nature	Quantité	Catégorie (Calcul)	Total	
E2	Parcelles agricoles, accès à l'éolienne, chemin	10,18 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	1,018 pers.	Sérieux
E3	Parcelles agricoles, accès à l'éolienne, chemin	10,18 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	1,018 pers.	Sérieux
E4	Parcelles agricoles, accès à l'éolienne et au poste de livraison, chemins, chemin privé	10,18 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	1,018 pers.	Sérieux

### ■ PROBABILITE

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

Tableau 26 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne d'après la littérature

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, soit une probabilité de  $4,47 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an. Par exemple, 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.

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 sauf pour deux cas : effondrement d'une éolienne à Pithiviers en novembre 2018 (MSI 2010) et à Boutavent en janvier 2019 (MSI 2011) (sources : Aria et articles de presse). De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié au 10 décembre 2021 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement. Il est considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D », à savoir : « S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité ».*

### ■ ACCEPTABILITE

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on peut conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 1 000 personnes sont exposées. Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 27 : Niveau de risque et d'acceptabilité de l'effondrement d'une éolienne

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Eolienne	Gravité	Niveau de risque	Acceptabilité
E2	Sérieux	Risque très faible	Acceptable
E3	Sérieux	Risque très faible	Acceptable
E4	Sérieux	Risque très faible	Acceptable

Ainsi, pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

## H.2-2. Chute de glace

### ■ 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.

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

### ■ ZONE D'EFFET

Le risque de chute de glace est cantonné à la **zone de survol des pales**, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne (voir Tableau 30 en page 43). Pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, la zone d'effet a donc un **rayon de survol de 70,07 mètres**. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

### ■ INTENSITE

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.  $Z_i$  est la zone d'impact,  $Z_E$  est la zone d'effet,  $R_{survol}$  est le rayon de la zone de survol ( $R_{survol} = 70,07$  m),  $SG$  est la surface du morceau de glace majorant ( $SG = 1$  m<sup>2</sup>).

Tableau 28 : Intensité de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup> $Z_i = SG$	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup> $Z_E = \pi \times R_{survol}^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % $d = Z_i / Z_E$	Intensité de l'exposition
1 m <sup>2</sup>	15 425 m <sup>2</sup>	0,006% (< 1%)	Exposition modérée

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

## ■ GRAVITE

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe H.1-2. en page 39), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Tableau 29 : Gravité du risque de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol)					
Eolienne	Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
	Nature	Quantité	Catégorie (Calcul)	Total	
E2	Parcelles agricoles, accès à l'éolienne	1,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	0,154 pers.	Modéré
E3	Parcelles agricoles, accès à l'éolienne	1,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	0,154 pers.	Modéré
E4	Parcelles agricoles, accès à l'éolienne, chemin privé	1,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	0,154 pers.	Modéré

## ■ PROBABILITE

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

## ■ ACCEPTABILITE

Avec une classe de probabilité de A, le risque de chute de glace pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'une gravité « Modérée » qui correspond pour cet événement à un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1. Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 30 : Niveau de risque et d'acceptabilité de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol)			
Eolienne	Gravité	Niveau de risque	Acceptabilité
E2	Modéré	Risque faible	Acceptable
E3	Modéré	Risque faible	Acceptable
E4	Modéré	Risque faible	Acceptable

Ainsi, pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un **risque acceptable pour les personnes**. Il convient également de rappeler que, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur les chemins d'accès, sur chaque éolienne, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement, 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. Des procédures givres pourront également être mises en place sur le parc afin de diminuer la formation de glace.

## H.2-3. Chute d'éléments de l'éolienne

### ■ ZONE D'EFFET

La chute d'éléments comprend la chute de tous les équipements situés en hauteur : trappes, boulons, morceaux de pales ou pales entières. Le cas majorant est ici le cas de la chute de pale. Il est retenu dans l'étude détaillée des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments, soit une zone d'effet correspondant à un disque de **70,07 mètres de rayon** pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales.

### ■ INTENSITE

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_i$  la zone d'impact,  $Z_e$  la zone d'effet,  $R_p$  la longueur d'une pale ( $R_p = 69,125$  m),  $R_{survol}$  correspond au rayon de la zone de survol ( $R_{survol} = 70,07$  m), et  $LB$  la largeur maximale de la pale ( $LB = 4,1$  m).

Tableau 31 : Intensité de chute d'éléments

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol)			
Zone d'impact en $m^2$ $Z_i = RP * LB / 2$	Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$ $Z_e = \pi * R_{survol}^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % $d = Z_i / Z_e$	Intensité de l'exposition
142 $m^2$	15 425 $m^2$	0,92% (<1 %)	Exposition modérée

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

### ■ GRAVITE

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe H.1-2. en page 39), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments, dans la zone de survol de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Tableau 32 : Gravité du risque de chute d'éléments de l'éolienne

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol)					
Eolienne	Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
	Nature	Quantité	Catégorie (Calcul)	Total	
E2	Parcelles agricoles, accès à l'éolienne	1,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	0,154 pers.	Modéré
E3	Parcelles agricoles, accès à l'éolienne	1,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	0,154 pers.	Modéré
E4	Parcelles agricoles, accès à l'éolienne, chemin privé	1,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	0,154 pers.	Modéré

### ■ PROBABILITE

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes. Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit  $4.47 \times 10^{-4}$  événement par éolienne et par an). Remarque : En l'absence de publication officielle sur le nombre d'éoliennes en exploitation chaque année en France, la fréquence de ces événements ne peut être mise à jour, seule l'accidentologie étant connue.

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.

### ■ ACCEPTABILITE

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 100 dans la zone d'effet. Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, la gravité associée et le niveau de risque :

Tableau 33 : Niveau de risque et d'acceptabilité de chute d'éléments

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol)			
Eolienne	Gravité	Niveau de risque	Acceptabilité
E2	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E3	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E4	Modéré	Risque très faible	Acceptable

Ainsi, pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, le phénomène de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes constitue un **risque acceptable pour les personnes**.

## H.2-4. Projection de pales ou de fragments de pales

### ■ ZONE D'EFFET

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

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne [3].

L'analyse de ce recueil d'accidents indique une distance maximale de projection de l'ordre de 500 mètres à deux exceptions près :

- 1 300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006
- 1 000 m rapporté pour un accident à Burgos en Espagne le 09/12/2000

Toutefois, pour ces deux accidents, les sources citées ont été vérifiées par le SER-FEE et aucune distance de projection n'y était mentionnée. Les distances ont ensuite été vérifiées auprès des constructeurs concernés et dans les deux cas elles n'excédaient pas 300 m.

Ensuite, pour l'ensemble des accidents pour lesquels une distance supérieure à 400 m était indiquée, les sources mentionnées dans le recueil ont été vérifiées de manière exhaustive (articles de journal par exemple), mais aucune d'elles ne mentionnait ces mêmes distances de projection. Quand une distance était écrite dans la source, il pouvait s'agir par exemple de la distance entre la maison la plus proche et l'éolienne, ou du périmètre de sécurité mis en place par les forces de l'ordre après l'accident, mais en aucun cas de la distance de projection réelle.

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

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

### ■ INTENSITE

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale dans le cas du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_i$  la zone d'impact,  $Z_e$  la zone d'effet,  $R_p$  la longueur de pale ( $R_p = 69,125$  m) et  $LB$  la largeur maximale de la pale ( $LB = 4,1$  m).

Tableau 34 : Intensité de projection de pale ou de fragments de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en $m^2$ $Z_i = R_p \times LB/2$	Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$ $Z_e = \pi \times 500^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % $d = Z_i/Z_e$	Intensité de l'exposition
142 $m^2$	785 398 $m^2$	0,018% (< 1%)	Exposition modérée

### ■ GRAVITE

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

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Tableau 35 : Gravité de projection de pale ou de fragments de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)					
Eolienne	Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
	Nature	Quantité	Catégorie (Calcul)	Total	
E2	Parcelles agricoles, accès aux éoliennes (E2 et E3), chemins	78,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	7,854 pers.	Sérieux
E3	Parcelles agricoles, bosquet et plan d'eau, accès aux éoliennes (E2, E3 et 2 éoliennes Hombleux 1), chemins	78,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	7,854 pers.	Sérieux
E4	Parcelles agricoles, accès à l'éolienne et au poste de livraison, chemins	78,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	7,854 + 2,520 = 10,374 pers.	Important
	RD930	0,140 km	Route structurante (18 personnes/km)		

## ■ PROBABILITE

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

**Tableau 36 : Fréquence de projection de tout ou partie de pale d'après la littérature**

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assessment 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 ».

Remarque : En l'absence de publication officielle sur le nombre d'éoliennes en exploitation chaque année en France, la fréquence de ces événements ne peut être mise à jour, seule l'accidentologie étant connue.

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

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

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

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection. Il est considéré que la classe de **probabilité de l'accident est « D »** : « S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité ».

## ■ ACCEPTABILITE

Avec une classe de probabilité de « D », le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1 000 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

**Tableau 37 : Niveau de risque et d'acceptabilité de projection de pale ou de fragments de pale**

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Eolienne	Gravité	Niveau de risque	Acceptabilité
E2	Sérieux	Risque très faible	Acceptable
E3	Sérieux	Risque très faible	Acceptable
E4	Important	Risque faible	Acceptable

Ainsi, pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un **risque acceptable pour les personnes**.

## H.2-5. Projection de morceaux de glace

### ■ ZONE D'EFFET

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

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

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

$$= 1.5 \times (112 + 138,25) = 375,375 \text{ m pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.}$$

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

### ■ INTENSITE

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de  $1 \text{ m}^2$ ) 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 renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_i$  la zone d'impact,  $Z_e$  la zone d'effet,  $R$  le rayon du rotor ( $R = 69,125 \text{ m}$ ),  $H$  la hauteur au moyeu ( $H = 112 \text{ m}$ ), et  $SG$  la surface majorante d'un morceau de glace.

**Tableau 38 : Intensité de projection de morceaux de glace**

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $RPG = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en $\text{m}^2$ $Z_i = 1$	Zone d'effet du phénomène étudié en $\text{m}^2$ $Z_e = \pi \times (1,5 \times (H+2R))^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % $d = Z_i / Z_e$	Intensité de l'exposition
$1 \text{ m}^2$	$442\,670 \text{ m}^2$	$0,0002 \% (< 1 \%)$	Exposition modérée

### ■ GRAVITE

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe H.1-2. en page 39, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

Il a été observé dans la littérature disponible [17] qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. **La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité. Ainsi les personnes circulant dans leur véhicule sur les routes structurantes ne sont pas prises en compte. La route structurante RD930 passe en limite de l'aire d'étude de dangers de l'éolienne E4 sans traverser la zone de projection de glace de cette éolienne.**

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

Tableau 39 : Gravité de projection de morceaux de glace

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)					
Eolienne	Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
	Nature	Quantité	Catégorie (Calcul)	Total	
E2	Parcelles agricoles, accès à l'éolienne, chemin	44,27 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	4,427 pers.	Sérieux
E3	Parcelles agricoles, accès à l'éolienne, chemin	44,27 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	4,427 pers.	Sérieux
E4	Parcelles agricoles, accès à l'éolienne et au poste de livraison, chemins	44,27 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	4,427 pers.	Sérieux

#### ■ PROBABILITE

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

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

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

#### ■ ACCEPTABILITE

Avec une classe de probabilité de « B », 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 renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 40 : Niveau de risque et d'acceptabilité de projection de morceaux de glace

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)				
Eolienne	Gravité	Niveau de risque	Système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et procédure de redémarrage	Acceptabilité
E2	Sérieux	Risque faible	Oui	Acceptable
E3	Sérieux	Risque faible	Oui	Acceptable
E4	Sérieux	Risque faible	Oui	Acceptable

Ainsi, pour le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, le phénomène de projection de glace constitue un **risque acceptable pour les personnes**. Avec des températures inférieures à 0°C, un système d'arrêt en cas de détection ou de déduction de glace, avec procédure de redémarrage est engagé pour toutes les éoliennes du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.

## H.3 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

### H.3-1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques de chaque éolienne : la zone d'effet, la cinétique, l'intensité, la probabilité et la gravité.

Les éoliennes du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2 ayant toutes le même profil de risque hormis l'estimation des enjeux humains dans chaque zone d'effet, un même et seul tableau est présenté ci-après.

Tableau 41 : Synthèse des scénarios étudiés

Scénario	Zone d'effet (rayon)	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
Effondrement de l'éolienne	Périmètre de ruine (180 m)	Rapide	Exposition modérée	D Éoliennes équipées de technologies récentes	Sérieux	Risque très faible pour toutes les éoliennes
Chute de glace	Zone de survol (70,07 m)	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré	Risque faible pour toutes les éoliennes
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol (70,07 m)	Rapide	Exposition modérée	C	Modéré	Risque très faible pour toutes les éoliennes
Projection de pale ou de fragment de pale	500 m autour de l'éolienne (500 m)	Rapide	Exposition modérée	D Éoliennes équipées de technologies récentes	Sérieux	Risque très faible pour les éoliennes E2 et E3
				Important	Modéré	Risque faible pour l'éolienne E4
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) m autour de l'éolienne (375,375 m)	Rapide	Exposition modérée	B Éoliennes équipées de technologies récentes	Sérieux	Risque faible pour toutes les éoliennes

### H.3-2. Synthèse de l'acceptabilité des risques

Enfin, la dernière étape de l'étude détaillée des risques consiste à rappeler l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés. Selon la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010, l'étude peut conclure à l'acceptabilité du risque généré par un parc si le risque associé à chaque événement redouté central étudié, quelle que soit l'éolienne considérée, est acceptable.

Tableau 42 : Définition des niveaux de risques

**Légende de la matrice**

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible	Vert clair	Acceptable
Risque faible	Jaune	Acceptable
Risque important	Rouge	Non acceptable

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Jaune	Projection de pale ou de fragment de pale (E4)	Jaune	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert clair	Effondrement de l'éolienne Projection de pale ou de fragment de pale (E2 et E3)	Jaune	Projection de glace	Rouge
Modéré	Vert clair		Chute d'éléments de l'éolienne	Vert clair	Chute de glace

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- seuls trois types d'accident figurent en case jaune : chute de glace et projection de glace pour toutes les éoliennes et la projection de pale ou fragment de pale pour l'éolienne E4.

Il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie G.6 sont mises en place.

En outre, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur les chemins d'accès, sur chaque éolienne, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

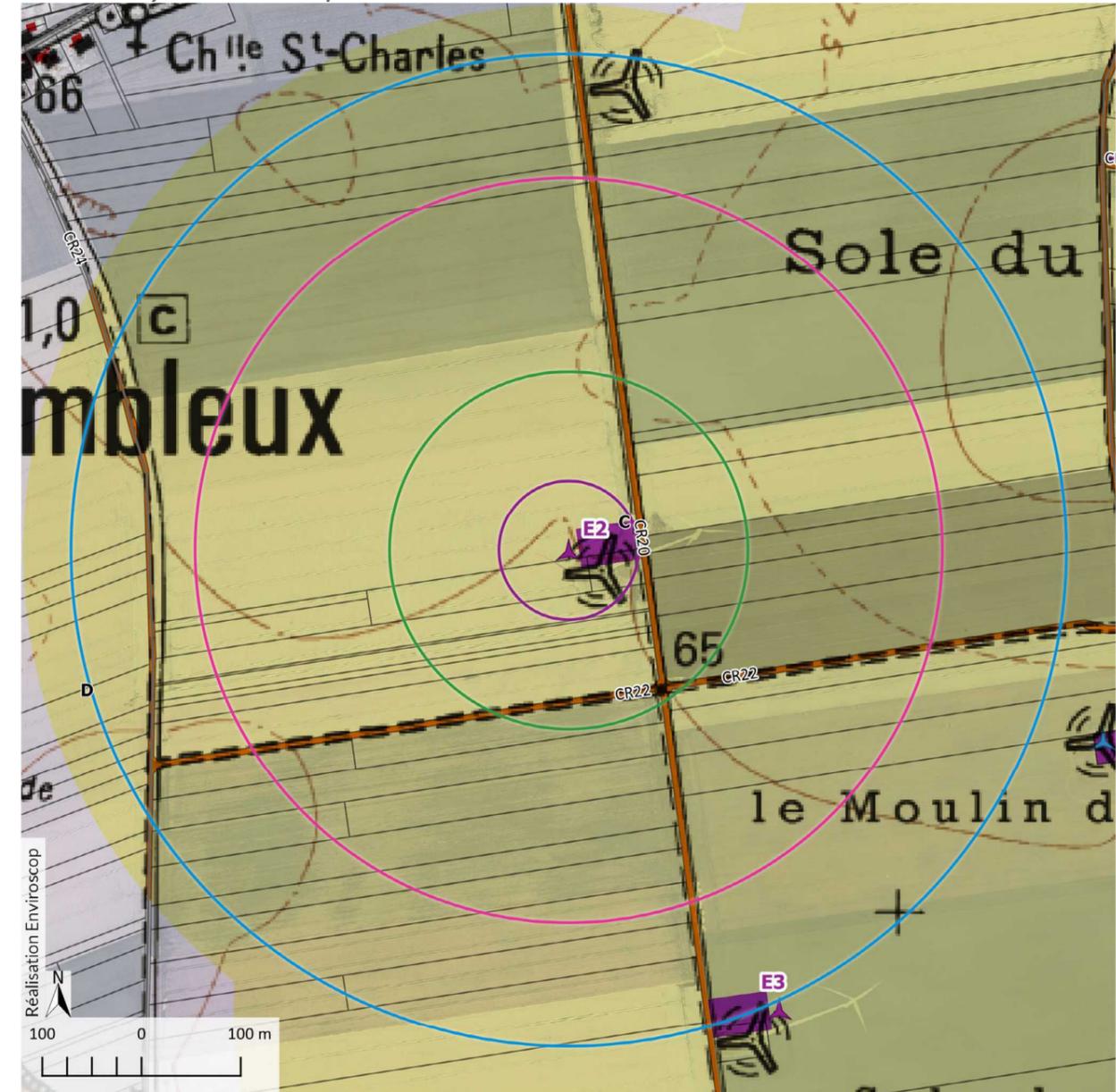
Bien que la température moyenne annuelle minimale soit supérieure à 0°C, un système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace avec procédure de redémarrage est mis en place pour toutes les éoliennes du renouvellement du parc éolien de Hombleux 2.

### H.3-3. Cartographie des risques

Les cartes de synthèse des risques sont présentées ci-après pour chaque aérogénérateur. Elle fait apparaître, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse :

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

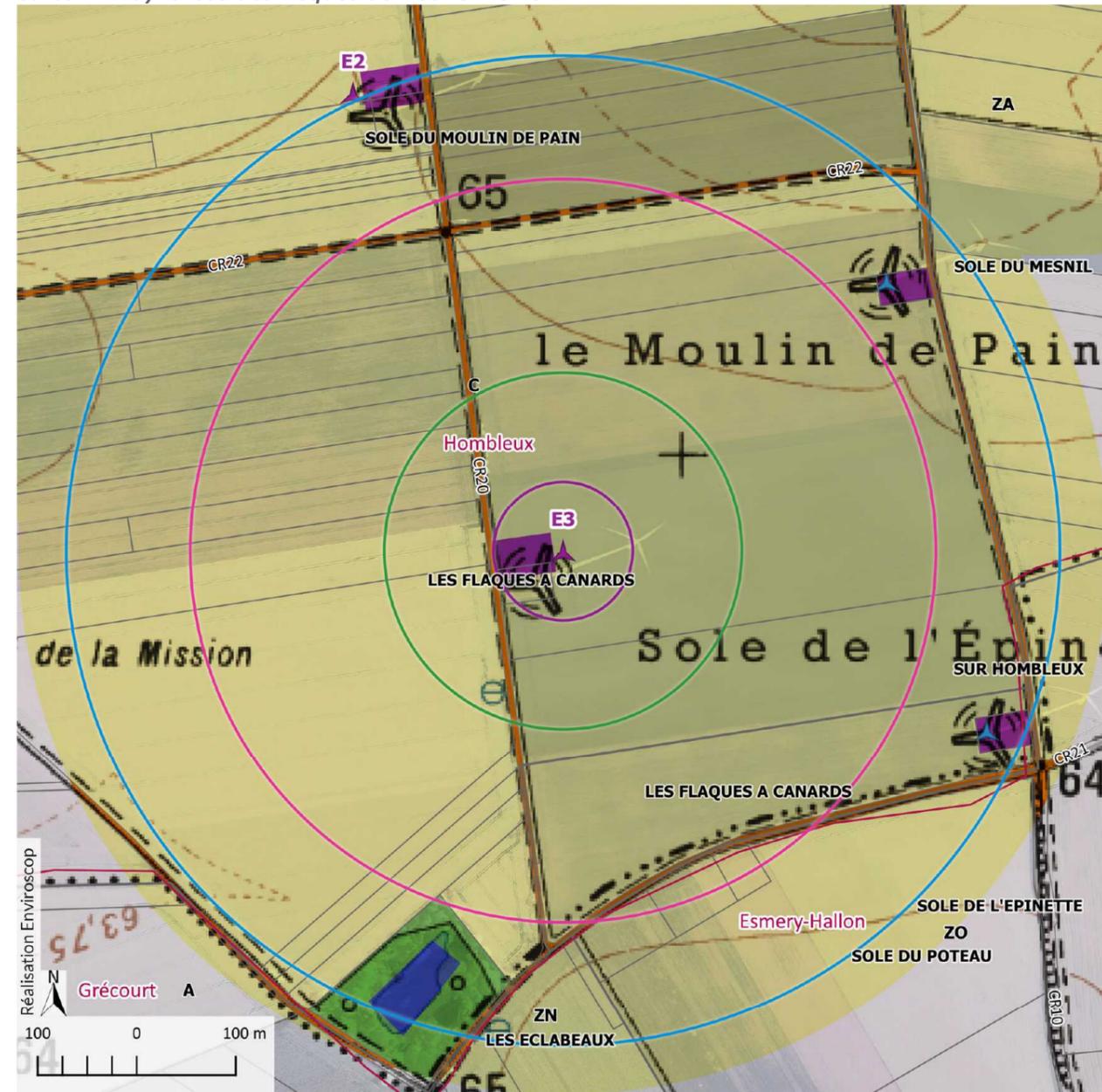
Carte 11 : Synthèse des risques de l'éolienne E2



<b>Aire d'étude de dangers</b>	<b>Projet</b>	<b>Parcelle cadastrale</b>
Chute de Glace ou d'éléments (zone de survol)	Projet	Parcelle agricole
Effondrement de l'éolienne (hauteur totale de l'éolienne)	Hombleux 1	Route non structurante, chemin
Projection de morceaux de glace (1,5 *(H+2R))	Limite communale	Plateforme
Projection de pale ou de fragment (zone de 500 m)	Section cadastrale	Habitation

Evènement	Effondrement	Chute de glace	Chute d'élément	Projection de tout ou partie de pale	Projection de glace
<b>Zone d'effet</b>	Ruine (180 m)	Survol (70,07 m)	Survol (70,07 m)	500 m	375,375 m
<b>Cinétique</b>	Rapide	Rapide	Rapide	Rapide	Rapide
<b>Probabilité</b>	type "D"	type "A"	type "C"	type "D"	type "B"
<b>Intensité exposition</b>	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée
<b>Personnes exposées</b>	1,018	0,154	0,154	7,854	4,427
<b>Niveau de gravité</b>	Sérieux	Modéré	Modérée	Sérieux	Sérieux
<b>Niveau de risque</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>

Carte 12 : Synthèse des risques de l'éolienne E3



**Aire d'étude de dangers**

- Chute de Glace ou d'éléments (zone de survol)
- Effondrement de l'éolienne (hauteur totale de l'éolienne)
- Projection de morceaux de glace (1,5 \*(H+2R))
- Projection de pale ou de fragment (zone de 500 m)

**Projet**

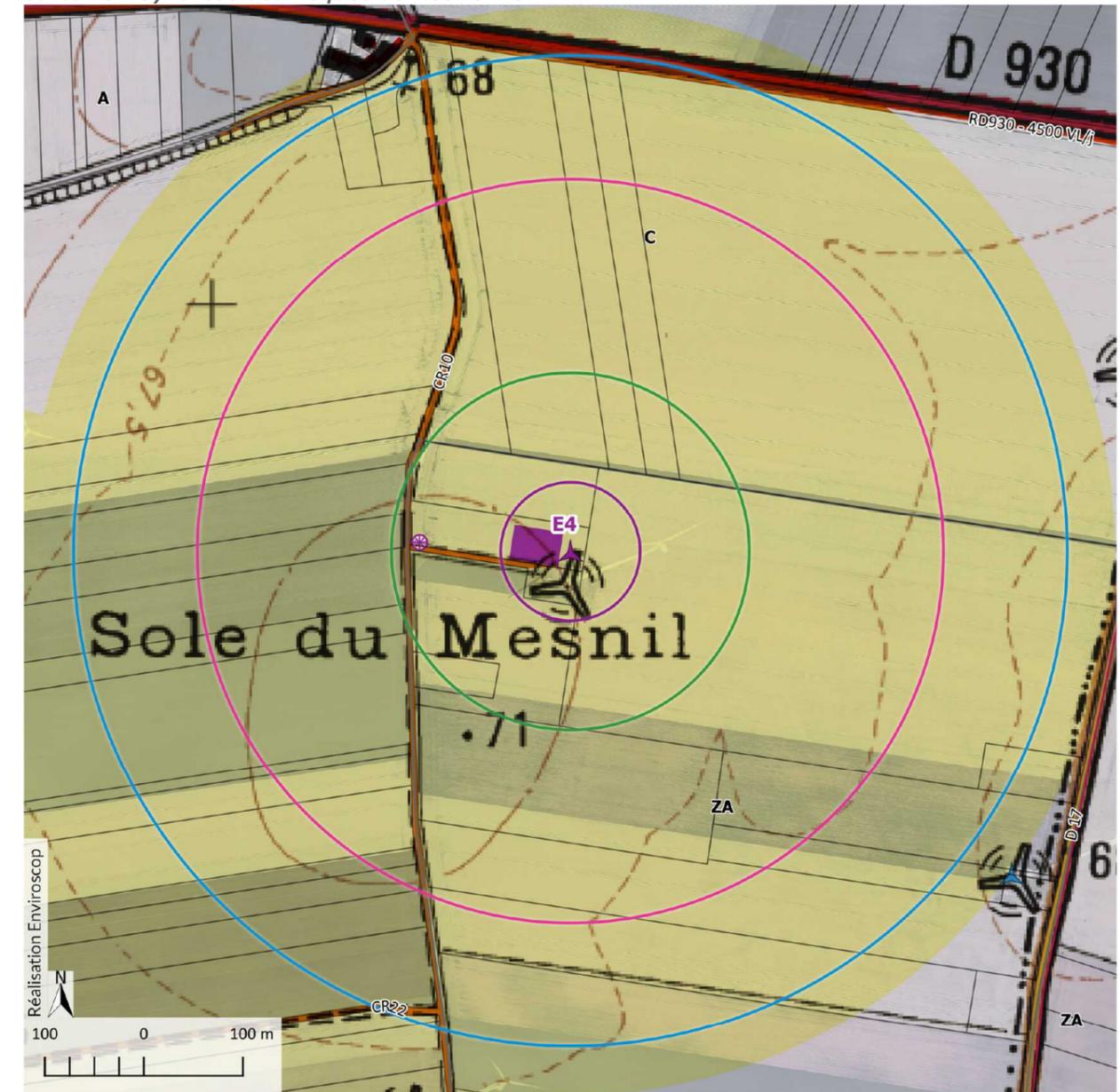
- Projet
- Hombleux 1
- Limite communale
- Section cadastrale
- Parcelle cadastrale

**Occupation des sols**

- Parcelle agricole
- Bois, bosquet, friche
- Plan d'eau
- Route non structurante, chemin
- Plateforme

Evènement	Effondrement	Chute de glace	Chute d'élément	Projection de tout ou partie de pale	Projection de glace
<b>Zone d'effet</b>	Ruine (180 m)	Survol (70,07 m)	Survol (70,07 m)	500 m	375,375 m
<b>Cinétique</b>	Rapide	Rapide	Rapide	Rapide	Rapide
<b>Probabilité</b>	type "D"	type "A"	type "C"	type "D"	type "B"
<b>Intensité exposition</b>	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée
<b>Personnes exposées</b>	1,018	0,154	0,154	7,854	4,427
<b>Niveau de gravité</b>	Sérieux	Modéré	Modérée	Sérieux	Sérieux
<b>Niveau de risque</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>

Carte 13 : Synthèse des risques de l'éolienne E4



**Aire d'étude de dangers**

- Chute de Glace ou d'éléments (zone de survol)
- Effondrement de l'éolienne (hauteur totale de l'éolienne)
- Projection de morceaux de glace (1,5 \*(H+2R))
- Projection de pale ou de fragment (zone de 500 m)

**Projet**

- Projet
- Poste de livraison
- Hombleux 1
- Limite communale
- Section cadastrale

**Occupation des sols**

- Parcelle cadastrale
- Parcelle agricole
- Route non structurante, chemin
- Plateforme
- Habitation

Evènement	Effondrement	Chute de glace	Chute d'élément	Projection de tout ou partie de pale	Projection de glace
<b>Zone d'effet</b>	Ruine (180 m)	Survol (70,07 m)	Survol (70,07 m)	500 m	375,375 m
<b>Cinétique</b>	Rapide	Rapide	Rapide	Rapide	Rapide
<b>Probabilité</b>	type "D"	type "A"	type "C"	type "D"	type "B"
<b>Intensité exposition</b>	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée
<b>Personnes exposées</b>	1,018	0,154	0,154	10,374	4,427
<b>Niveau de gravité</b>	Sérieux	Modéré	Modérée	Important	Sérieux
<b>Niveau de risque</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>

# I. CONCLUSION

**L'étude de dangers permet de conclure à l'acceptabilité du risque généré par le renouvellement du parc éolien de Hombleux 2. En effet, le risque associé à chaque événement redouté central étudié, quelle que soit l'éolienne considérée, est acceptable ; et ce malgré une approche probabiliste très conservatoire.**

En effet, l'analyse détaillée des risques s'est portée sur un nombre réduit de scénarios, compte tenu d'une démarche préventive et proportionnée aux enjeux du site et de l'installation considérée.

Cette démarche tient compte de :

- l'environnement humain, naturel et matériel, qui ici ne présente que des enjeux réduits à l'utilisation des abords de chaque éolienne à des usages agricoles, une voirie structurante (RD930) à 495 m de l'éolienne E4 renouvelée. Cet environnement est identique à celui de l'état lors de l'autorisation du parc actuellement en exploitation.
- la nature de l'installation et de la réduction des potentiels de dangers à la source (éviter des secteurs à enjeux). Le parc actuel est en exploitation depuis sa mise en service en décembre 2008 et aucun accident n'est à signaler à ce jour. Le projet de renouvellement devrait a priori être bénéfique en termes de maîtrise des risques dans le sens où 4 machines vieillissantes seront remplacées par 3 nouvelles machines implantées quasiment aux mêmes endroits. La filière ayant gagné en maturité depuis 2008, de nombreuses avancées technologiques rendent les nouvelles éoliennes plus performantes mais également plus fiables.
- la mise en place de mesures de sécurité pour répondre aux différents risques examinés (dispositions constructives et d'exploitation, de maintenance et de risques notamment, en conformité avec la réglementation ICPE afférente et notamment l'arrêté du 26 août 2011 modifié).

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.

Il ressort de cette étude de dangers que les mesures organisationnelles et les moyens de sécurité mis en œuvre dans le cadre du projet de renouvellement du parc éolien de Hombleux 2, permettent de maintenir le risque, pour ces 5 phénomènes étudiés, à un niveau acceptable et ce pour chacune des 3 éoliennes, donc pour l'ensemble du parc.

L'étude de dangers décrit aussi les moyens de prévention et les moyens de protection présents sur le site afin soit de réduire la vraisemblance d'occurrence, soit de réduire ou de maîtriser les conséquences d'éventuels accidents. En effet, il est important de noter qu'en cas d'accident (exemple : incendie) ne pouvant être maîtrisé, des moyens de secours et d'alerte spécifiques seraient déclenchés.

## J. ANNEXES

### J.1 CADRE METHODOLOGIQUE

La présente étude de dangers est basée sur le **guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens, dans sa version de mai 2012**.

En effet, ce guide technique a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS et de professionnels du Syndicat des énergies renouvelables : porteurs de projets, exploitants de parcs éoliens et constructeurs d'éoliennes. L'INERIS a validé la méthodologie suivie dans le présent guide, au regard de la réglementation en vigueur et des pratiques actuelles en matière d'étude de dangers dans les autres installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Ce guide est le reflet de l'état de l'art en matière de maîtrise des risques technologiques pour les parcs éoliens, en l'état actuel des connaissances des experts ayant participé à son élaboration.

#### J.1-1. Contexte de l'éolien

À la suite des accords du protocole de Kyoto et conformément à la directive européenne 2001/77/CE relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables, la France s'est engagée à augmenter la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité au niveau national.

En particulier, la loi n°2005-781 du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique (loi POPE) a donné un cap à suivre pour les décennies suivantes. Cette loi s'était construite autour de quatre grands objectifs à long terme :

- l'indépendance énergétique du pays ;
- l'assurance de prix compétitifs de l'énergie ;
- la garantie de la cohésion sociale et territoriale par l'accès de tous à l'énergie ;
- la préservation de la santé, notamment en luttant contre l'aggravation de l'effet de serre.

Les objectifs par filière ont été déclinés dans des arrêtés de programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité (arrêtés PPI). L'éolien représente une des technologies les plus prometteuses pour atteindre les objectifs fixés par la France. Ainsi, l'arrêté du 15 décembre 2009 a fixé des objectifs ambitieux pour l'éolien :

- 10 500 MW terrestres et 1 000 MW en mer en 2012,
- 19 000 MW terrestres et 6 000 MW en mer en 2020.

Dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, les engagements de la France en matière de production d'énergies renouvelables ont été confirmés, précisés et élargis. La loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement (loi Grenelle I) prévoit que la France porte la part des énergies renouvelables à au moins 23 % de sa consommation d'énergie finale d'ici 2020. Dans la PPE en 2020, l'objectif est d'installer 24 100 MW d'ici fin 2023, et 33 200 à 34 700 MW en 2028 de puissance éolienne terrestre.

La publication de ces objectifs, dans un contexte mondial favorable au développement des énergies renouvelables, a donc permis un développement technologique spectaculaire. Alors que, dans les années 1980, une éolienne permettait d'alimenter environ 10 personnes en électricité, une éolienne de nouvelle génération fournit en moyenne de l'électricité pour 4 000 (éolienne de 2 MW) à 6 000 personnes (éolienne de 3 MW) hors chauffage (source : SER-FEE, ADEME).

Si les éoliennes ont évolué en taille et en puissance dans le monde entier, leur technologie actuelle est également sensiblement différente des premières éoliennes installées. Les technologies sont aujourd'hui plus sûres et plus fiables grâce à de nombreuses évolutions technologiques telles que :

- les freins manuels (sur le moyeu) de rotor qui ont été remplacés par des systèmes de régulation aérodynamiques (pitch), évitant l'emballement et assurant des vitesses de rotation nominales constantes ;
- l'évolution des matériaux des pales vers des fibres composites ;

- le développement de nouveaux systèmes de communication par fibre optique, satellites, etc. qui ont permis d'améliorer la supervision des sites et la prise de commande à distance ;
- l'installation de nouveaux systèmes de sécurité (détection de glace, vibrations, arrêts automatiques, etc.).

Ainsi, les premiers incidents qui ont été rencontrés (bris de pales, incendies, effondrements, etc.) ont amené les constructeurs à améliorer sans cesse leurs aérogénérateurs. Grâce à ces évolutions, et le retour d'expérience le montre bien, les incidents sont aujourd'hui très rares et concernent en majorité des éoliennes d'ancienne génération.

Il convient aussi de noter qu'à ce jour, en France et dans le monde, aucun accident n'a entraîné la mort d'une personne tierce (promeneurs, riverains) du fait de l'effondrement d'éoliennes, de bris de pales ou de projections de fragment de pales.

La loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (loi Grenelle II) réaffirme tout d'abord la nécessité du développement de la filière éolienne pour atteindre les objectifs nationaux fixés dans les PPI. En particulier, l'article 90 fixe l'objectif d'installer au moins 500 aérogénérateurs par an en France.

Cette loi prévoit d'autre part de soumettre les éoliennes au régime d'autorisation au titre de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Conformément à cette nouvelle réglementation, les exploitants sont notamment amenés à formaliser leur savoir-faire en matière de maîtrise des risques dans une étude de dangers.

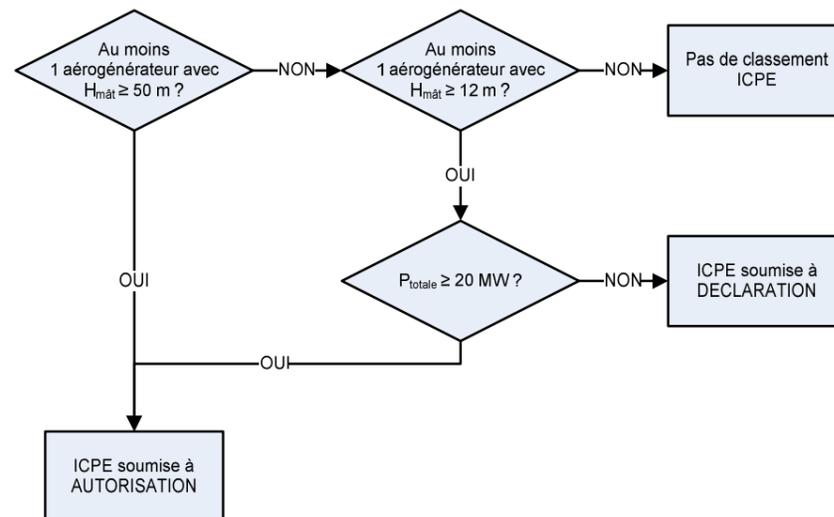
#### J.1-2. Application du régime des installations classées aux parcs éoliens

En application de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite loi Grenelle II, les éoliennes sont désormais soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

En effet, l'article 90 de ladite loi précise que « *les installations terrestres de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent constituant des unités de production telles que définies au 3° de l'article 10 de la loi n°2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité, et dont la hauteur des mâts dépasse 50 mètres sont soumises à autorisation au titre de l'article L. 511-2, au plus tard un an à compter de la date de publication de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 précitée.* »

Le décret n°2011-984 du 23 août 2011, modifiant l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, crée la rubrique 2980 pour les installations de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs. Il prévoit deux régimes d'installations classées pour les parcs éoliens terrestres :

- Le régime d'**autorisation** pour les installations comprenant au moins une éolienne dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m et pour les installations comprenant uniquement des éoliennes dont le mât a une hauteur comprise entre 12 et 50 m et dont la puissance totale est supérieure ou égale à 20 MW
- Le régime de **déclaration** pour les installations comprenant uniquement des éoliennes dont le mât a une hauteur comprise entre 12 et 50 m et dont la puissance totale est inférieure à 20 MW



La réglementation prévoit que, dans le cadre d'une demande d'autorisation d'exploiter, l'exploitant doit réaliser une étude de dangers.

Enfin, l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement prévoit un certain nombre de dispositions par rapport à l'implantation, la construction, l'exploitation et la prévention des risques. Ces prescriptions nationales sont applicables à tous les nouveaux parcs éoliens et, pour partie, aux installations existantes. Elles sont prises en compte dans le cadre de l'étude de dangers.

### J.1-3. Réglementation relative à l'étude de dangers

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

#### ■ ARTICLE L. 512-1 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT :

Sont soumises à autorisation préfectorale les installations qui présentent de graves dangers ou inconvénients pour les intérêts visés à l'article L. 511-1.

L'autorisation ne peut être accordée que si ces *dangers* ou inconvénients peuvent être prévenus par des mesures que spécifie l'arrêté préfectoral.

Le demandeur fournit une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés 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.

La délivrance de l'autorisation, pour ces installations, peut être subordonnée notamment à leur éloignement des habitations, immeubles habituellement occupés par des tiers, établissements recevant du public, cours d'eau, voies de communication, captages d'eau, ou des zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers. Elle prend en compte les capacités techniques et financières dont dispose le demandeur, à

même de lui permettre de conduire son projet dans le respect des intérêts visés à l'article L. 511-1 et d'être en mesure de satisfaire aux obligations de l'article L. 512-6-1 lors de la cessation d'activité.

Les intérêts visés à l'article L. 511-1 sont la commodité du voisinage, la santé, la sécurité, la salubrité publiques, l'agriculture, la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, l'utilisation rationnelle de l'énergie, la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique. Cependant, il convient de noter que l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers s'intéresse prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement (notamment le paysage), 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 donc pour objectif de **démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant**. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels. Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Selon le **principe de proportionnalité**, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article R. 512-9 du Code de l'environnement.

#### ■ ARTICLE R. 512-9 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT :

I. - L'étude de dangers mentionnée à l'article R. 512-6 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 aux articles L. 211-1 et L. 511-1.

II. - Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le demandeur 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<sup>2</sup>, le demandeur 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, la cinétique et les zones d'effets des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie 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 des études 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 sur le fondement 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.

<sup>2</sup> Les installations soumises à la rubrique 2980 des installations classées (parcs éoliens) ne font pas partie de cette liste.

III. - Dans le cas des installations figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-8, l'étude de dangers est réexaminée et, si nécessaire, mise à jour au moins tous les cinq ans, sans préjudice de l'application des dispositions de l'article R. 512-31. Cette étude, mise à jour, est transmise au préfet.

Enfin, d'autres textes législatifs et réglementaires, concernant les installations classées soumises à autorisation, s'appliquent aux études de dangers, notamment en ce qui concerne les objectifs et la méthodologie à mettre en œuvre :

- **Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003** relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages
- **Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005** modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement
- **Arrêté du 10 mai 2000** relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- **Arrêté du 29 septembre 2005** modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- **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.

#### J.1-4. Démarche générale de l'étude de dangers

L'étude de dangers est élaborée selon une démarche d'analyse des risques, conformément à la réglementation en vigueur et aux recommandations de l'inspection des installations classées. Elles sont énumérées ici dans l'ordre dans lequel elles sont présentées au sein de l'étude de dangers du parc éolien.

- **Identifier les enjeux pour permettre une bonne caractérisation des conséquences des accidents** (présence et vulnérabilité de maisons, infrastructures, etc.). Cette étape s'appuie sur une description et caractérisation de l'environnement.
- **Connaître les équipements étudiés pour permettre une bonne compréhension des dangers potentiels qu'ils génèrent.** Cette étape s'appuie sur une description des installations et de leur fonctionnement.
- **Identifier les potentiels de danger.** Cette étape s'appuie sur une identification des éléments techniques et la recherche de leurs dangers. Suit une étape de réduction / justification des potentiels.
- **Connaître les accidents qui se sont produits sur le même type d'installation pour en tirer des enseignements** (séquences des événements, possibilité de prévenir ces accidents, etc.). Cette étape s'appuie sur un retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs).
- **Analyser les risques inhérents aux installations étudiées en vue d'identifier les scénarios d'accidents possibles** (qui se sont produits et qui pourraient se produire). Cette étape utilise notamment les outils d'analyses de risques classiques (tableaux d'Analyse Préliminaire des Risques par exemple).
- **Caractériser et classer les différents phénomènes et accidents en termes de probabilités, cinétique, intensité et gravité.** C'est l'étape détaillée des risques, avec mise en œuvre des outils de quantification en probabilité et en intensité / gravité.
- **Réduire le risque si nécessaire.** Cette étape s'appuie sur des critères d'acceptabilité du risque : si le risque est jugé inacceptable, des évolutions et mesures d'amélioration sont proposées par l'exploitant.
- **Représenter le risque.** Cette étape s'appuie sur une représentation cartographique.
- **Résumer l'étude de dangers.** Cette étape s'appuie sur un résumé non technique de l'étude des dangers.

Le graphique ci-dessous synthétise ces différentes étapes et leurs objectifs :

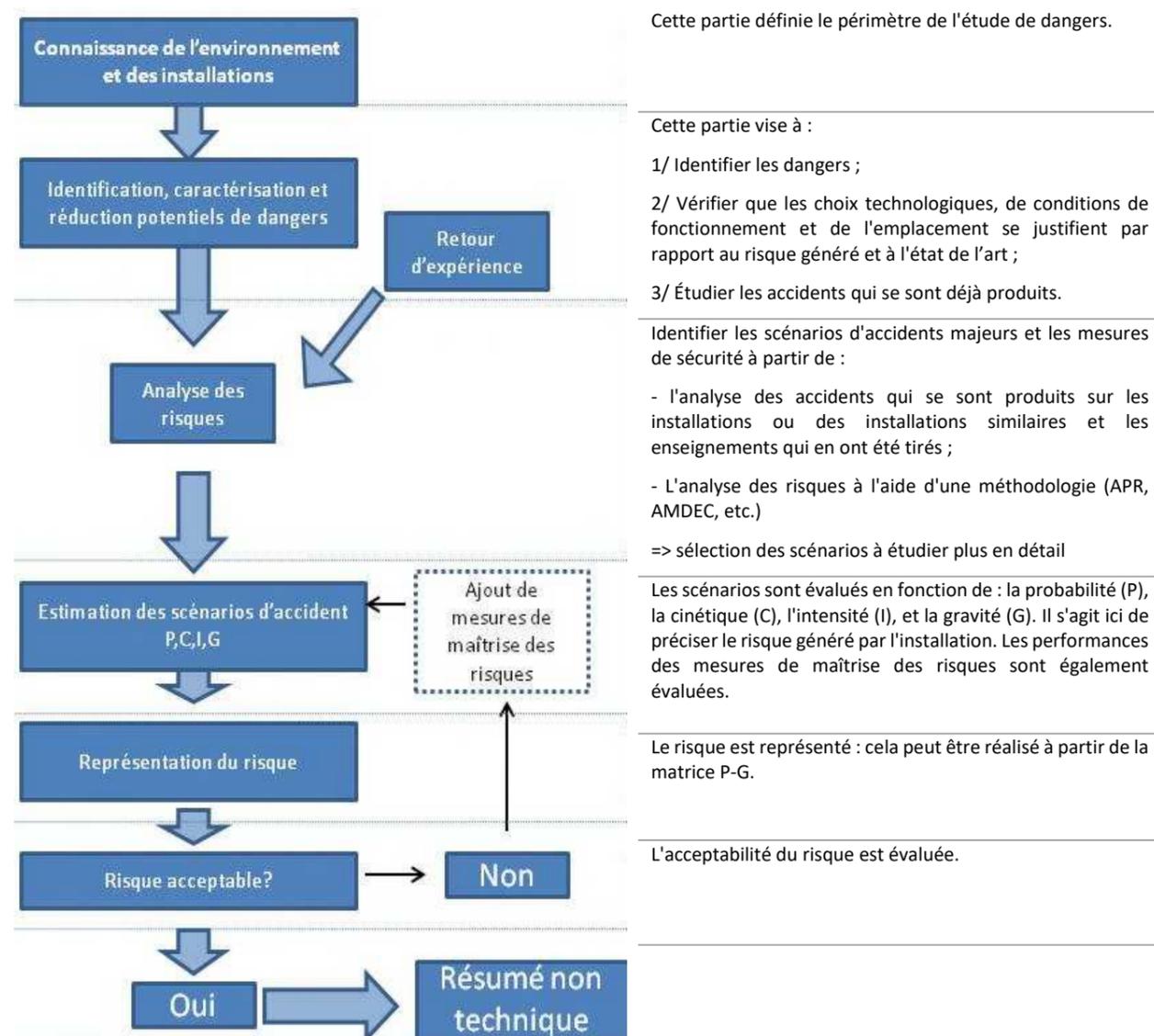


Figure 13 : Démarche d'analyse des risques

Source : Guide technique. Élaboration de l'EDD dans le cadre des parcs éoliens. Mai 2012

Si la démarche de réduction du risque est considérée comme acceptable, une représentation cartographique et un résumé non-technique sont réalisés.

Les définitions des termes utilisés dans le présent guide sont présentées dans le glossaire en annexe. Elles sont notamment issues des arrêtés et circulaires consacrés aux études de dangers et aux installations classées en général.

## J.2 METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE

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

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

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

### J.2-1. 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.

### J.2-2. 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 véhicules/jour) sont déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

### J.2-2a 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.

Figure 14 : Nombre de personnes exposées sur les voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic

Source : Guide technique. Élaboration de l'EDD dans le cadre des parcs éoliens. Mai 2012

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

### J.2-2b 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.

### J.2-2c Voies navigables

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

### J.2-3. 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.

### J.2-4. Logements

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

### J.2-5. Etablissements recevant du public (ERP)

Compter les ERP (bâtiments d'enseignement, de service public, de soins, de loisir, religieux, grands centres commerciaux etc.) en fonction de leur capacité d'accueil (au sens des catégories du code de la construction et de l'habitation), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès (cf. paragraphe sur les voies de circulation automobile). Les commerces et ERP de catégorie 5 dont la capacité n'est pas définie peuvent être traités de la façon suivante :

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

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

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

### J.2-6. 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.

### J.3 TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide INERIS et complété par KALLISTA Energy, notamment avec les bases ARIA et IRIS. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et avril 2022. L'analyse de ces données est présentée dans le chapitre F en page 30 de l'étude de dangers.

Légende. N.c. : Non communiqué

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	nov-00	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	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM. Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM. Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Rupture de pale	2004	Escalles-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA. Rapport du CGM. Site Vent de Colère. Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA. Rapport du CGM. Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
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	mars-07	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 non éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-

Emballement	mars-08	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	avr-08	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau  Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	N.c.	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	N.c.	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	N.c.	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			
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Ainse	N.c.	N.c.	N.c.	au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). Les victimes portaient leurs EPI lors des faits. Un accident similaire s'était produit en 2009 (ARIA 35814).	Non communiqué	Aria	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	11/04/2012	SIGEAN	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m.	foudre	Aria	
Chute de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	52	2008	Oui	Chute d'une pale au pied d'une éolienne en plein champ	Corrosion	Aria	-
Effondrement	30/05/2012	PORT-LA-NOUVELLE	Aude	0,2	1991	Non	Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits. Le site, ouvert au public, est sécurisé.	Tempête	Aria	
Projection d'élément	01/11/2012	VIEILLESPESE	Cantal	2,5	2011	N.c.	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs de 2,5 MW mis en service en 2011.	Non communiqué	Aria	
Incendie	05/11/2012	SIGEAN	Aude	0,66	N.c.	N.c.	Le feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne. Un dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation de courants de court-circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante.	défaillance électrique	Aria	
Chute de-pale	06/03/2013	CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât. L'éolienne est mise en sécurité (2 pales restantes mises en drapeau, blocage du rotor, inspection du moyeu). Un périmètre de sécurité de 30 m est établi au pied de l'éolienne et la municipalité interdit l'accès à la zone. L'accident est déclaré à l'inspection des installations classées 48 h plus tard. L'une des pales de cette éolienne avait déjà connu un problème de fixation en novembre 2011. Les fixations de cette pale au moyeu avaient été remplacées et le serrage des vis des 2 autres avait été contrôlé en avril 2012. La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut.	Non communiqué	Aria	
Incendie	17/03/2013	EUVY	Marne	N.c.	2011	N.c.	Des usagers de la N4 signalent vers 15h30 un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieux périlleux éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols. Le parc, mis en service en 2011, avait déjà connu un incendie quelques mois plus tôt selon la presse.	défaillance électrique	Aria	
Déchirure de pale	20/06/2013	LABASTIDE-SUR-BESORGUES	Ardèche	N.c.	N.c.	N.c.	Un impact de foudre endommage vers 15h30 une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées.	foudre	Aria	
Maintenance	01/07/2013	CAMBON-ET-SALVERGUES	Hérault	N.c.	N.c.	N.c.	un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient. L'intervention porte sur l'appoint en azote d'un accumulateur sous pression. Suite à cet accident l'exploitant modifie ses procédures de maintenance et renforce la formation des techniciens sur les aspects risques. Pour l'heure, il suspend les opérations de remplissage des accumulateurs dans les hubs d'éolienne et fait réaliser cette opération en atelier. Une modification des accumulateurs est également envisagée pour utiliser des modèles avec vanne intégrée.	défaillances organisationnelles	Aria	

Perte d'huile	03/08/2013	MOREAC	Morbihan	N.c.	N.c.	N.c.	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.	incident de maintenance	Aria
Incendie	09/01/2014	ANTHENY	Ardennes	N.c.	N.c.	N.c.	incendie de la nacelle (rotor intact)	incident électrique	Aria
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Arrêt automatique à la suite d'un défaut « vibration ». Chute d'une pale de 20 m au pied du mât	Non communiqué	Aria
Chute de pale	14/11/2014	SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE	Ardèche	N.c.	N.c.	N.c.	La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m. Les secours établissent un périmètre de sécurité et ferment la voie d'accès. L'exploitant sécurise la pale endommagée et bloque la rotation de la nacelle. L'installation est expertisée et les 8 autres éoliennes du parc sont inspectées.	Tempête	Aria
Chute de pale	05/12/2014	FITOU	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments-là sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité, la pale endommagée vers le bas. L'exploitant effectue une inspection visuelle des pales des 8 autres éoliennes du parc. En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollage sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise.	Non communiqué	Aria
Incendie	29/01/2015	REMIGNY	Aines	N.c.	N.c.	Oui	A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. A cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie. Les dommages matériels sont estimés à 150 k€. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés. Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie. L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test. L'exploitant prévoit de tester la qualité de l'isolation de tous les câbles de puissance avant la mise en service. Il prévoit également de réaliser des mesures thermiques sur tous les câbles de puissance à 80% de leur charge nominale.	Incident électrique	Aria
Incendie	06/02/2015	LUSSERAY	Deux-Sèvres	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.	Incident électrique	Aria
Chute de pale	05/04/2015	ROQUETAILLADE	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 1h24, une alarme due à un défaut vibratoire est remontée. L'éolienne s'arrête automatiquement. Lors du déplacement des techniciens sur site vers 12h17, ils constatent la présence d'une pale au sol en pied de tour, les 2 autres pales étant toujours solidaires du moyeu. L'éolienne est mise en sécurité (impossibilité de redémarrage à distance et mise en drapeau des pales afin qu'il n'y ait pas de prise au vent). Un périmètre de sécurité d'environ 100 m autour de l'éolienne est mis en place et la municipalité interdit l'accès à la zone. Au vu de l'historique accidentel sur ce parc éolien (ARIA 43576), l'inspection des installations classées demande l'arrêt immédiat des 4 éoliennes de même technologies du parc. Les 2 autres pales sont inspectées sans qu'il ne soit relevé de défaut. La pale est évacuée 2 jours plus tard.	L'exploitant contrôle le couple de serrage de l'ensemble des vis de fixation des pales au moyen des 4 éoliennes de même technologie. La grande majorité des vis sont en mauvais état (déformation, rouille, usure,...).	Aria
Incendie	24/08/2015	SANTILLY	Eure-et-Loir	N.c.	N.c.	N.c.	Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur. La nacelle étant trop haute pour la grande échelle des pompiers, ces derniers décident de laisser brûler le foyer sous surveillance. Les chemins menant à l'éolienne sont interdits à la circulation.	Non communiqué	Aria
Chute des pales et du rotor	10/11/2015	MENIL-LA-HORGNE	Meuse	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé. De l'huile s'en écoule mais reste confinée dans la rétention. Le centre de supervision à distance du parc constate la perte de communication avec l'éolienne. Il la découple du réseau. Le lendemain, les agents de maintenance constatent sur	Selon l'exploitant, les premières constatations indiqueraient une défaillance de l'arbre lent, qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice. Elle trouverait son origine dans un défaut de fabrication de la pièce. Une non-conformité dans le processus de moulage de cette pièce de fonderie en acier est suspectée. Un défaut métallurgique, de type inclusion de laitier, aurait fragilisé la	Aria

							place la rupture du rotor. Ils sécurisent la zone. Les 6 autres éoliennes du parc sont mises à l'arrêt. Les débris, disséminés sur 4000 m <sup>2</sup> , sont ramassés. Au total 54 éoliennes du même modèle sont installées en France. Les services du ministère du développement durable demandent au fabricant d'établir un programme de contrôle adapté. A la suite des contrôles effectués sur les autres arbres lents du même parc d'éolienne, 2 d'entre eux sont remplacés.	pièce et conduit à sa rupture par fatigue. Les contrôles réalisés sur les autres éoliennes du parc ont mis en évidence que ce type de défaut était présent sur un des autres arbres lents, au même niveau que celui accidenté.		
Rupture de l'aérovein d'une pale et chute d'élément	07/02/2016	CONILHAC-CORBIERES	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 11h30, l'aérovein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol. L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien à distance. Les secours sécurisent les lieux.	Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérovein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérovein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérovein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu. Une campagne de contrôle des pales, aéroveins et de la chaîne de sécurité de chaque éolienne est réalisée.	Aria	
Chute des pales	08/02/2016	DINEAULT	Finistère	0,3	1999	non	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.	Tempête	Aria	
Chute des pales	07/03/2016	CALANHEL	Côtes d'Armor	0,8	N.c.	N.c.	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. 8 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.	A l'origine, une rupture du système d'orientation.	Aria	
							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.	L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale. L'éolienne avait fait l'objet d'une maintenance complète en septembre 2015. Son roulement ne présentait pas d'usure anormale. Cependant, une série d'alarmes était survenue le matin de l'événement. Une panne sur un groupe hydraulique avait nécessité l'intervention des équipes de maintenance. Après réparation, l'éolienne avait été redémarrée vers 14 h.		
								L'exploitant prend les mesures immédiates suivantes : démantèlement de l'éolienne impactée ; réalisation d'un protocole de contrôle, par le fabricant, du roulement et de la boulonnerie de toutes les pales avant redémarrage des unités arrêtées ; inhibition du réarmement automatique de la turbine sur apparition d'une alarme de dysfonctionnement du système d'orientation des pales ; limitation de la puissance produite à 650 kW (au lieu de 800 kW) pour une période d'observation de 7 jours.		
Perte d'huile	28/05/2016	JANVILLE	Eure-et-Loir	N.c.	N.c.	N.c.	À 15h15, un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Il arrête celle-ci et contacte l'équipe de maintenance. Arrivés à 17 h, les agents mettent en place des absorbants. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol.	La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite. L'installation est réparée 2 jours plus tard.	Aria	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'huile)
Incendie	10/08/2016	HESCAMPS	Somme	1	2008	N.c.	Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Il redescend seul les 70 m de l'échelle intérieure de l'éolienne. Il est légèrement intoxiqué par les fumées. Les pompiers contrôlent l'extinction complète et procèdent à la ventilation.	Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.	Aria	
Incendie	18/08/2016	DARGIES	Oise	2	2014	N.c.	Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'aérogénérateur, à 80 m de haut. Des pompiers spécialisés dans les interventions en milieux périlleux effectuent une reconnaissance en partie haute de la machine. Ils ouvrent une trappe de ventilation.	Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.	Aria	
Maintance	14/09/2016	LES GRANDES-CHAPELLES	Aube	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 15 h, un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne. Les pompiers spécialisés dans les interventions en hauteur évacuent la victime consciente.	Non communiqué	Aria	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Fissure sur une pale d'éolienne	11/01/2017	LE QUESNOY	Nord	N.c.	N.c.	N.c.	Une fissure de 6,5 m de long est constatée sur une pale d'une éolienne. L'exploitant arrête l'installation. Le constructeur de	Non communiqué	Aria	Non utilisable directement dans



							m du mât et met en place un balisage. Il avertit l'exploitant agricole propriétaire du champ où est installée l'éolienne.	déchirure du fragment. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut.		
Chute d'une pale d'éolienne	24/06/2017	CONCHY-SUR-CANCHE	Pas-de-Calais	N.c	N.c	N.c	Vers 23h30, une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien. La pale chute à la verticale, au pied du mât. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m. L'exploitant arrête l'installation ainsi que les 4 autres aérogénérateurs du site, du même modèle. Il met en place un périmètre de sécurité et condamne l'accès au site.  Le vent était faible au moment de l'événement.	Non communiqué	Aria	
Chute d'un aérofrein d'une éolienne	17/07/2017	FECAMP	Seine-Maritime	N.c	N.c	N.c	Vers 23h30, un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne dans un parc éolien. Le lendemain matin, un agent de maintenance découvre l'équipement au pied du mât de 49 m. La clôture du site est endommagée. L'éolienne est arrêtée. Un arrêt pour maintenance étant programmé 6 jours après, les autres aérogénérateurs du site sont maintenus en fonctionnement. Durant cet arrêt, les mécanismes d'aérofreins et les pales de toutes les machines sont inspectées. L'aérofrein défectueux est remplacé. L'installation redémarre le 16/08/17.	L'exploitant conclut que le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine. Il étudie l'opportunité d'augmenter la fréquence d'inspection des mécanismes de fixation des aérofreins ou leur modification, notamment pour fiabiliser l'action de la vis anti-rotation.	Aria	
Perte d'huile	24/07/2017	MAURON	Morbihan	N.c.	N.c.	N.c.	Une fuite d'huile est détectée vers 17 h sur une éolienne. 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 rupture d'un flexible du circuit hydraulique du à sa vétusté de l'aérogénérateur en est à l'origine.	Aria	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'huile)
Bris d'une pale d'éolienne	05/08/2017	PRIEZ	Aisne	N.c	N.c	N.c	Vers 3 h une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés par l'exploitant au pied du mât le matin. Il en sécurise l'accès et fait surveiller la zone. L'inspection des installations classées demande la mise à l'arrêt de tous les aérogénérateurs du parc dans l'attente de la compréhension de l'événement.	Non communiqué	Aria	
Chute du carénage d'une éolienne	08/11/2017	ROMAN	Eure	N.c	N.c	N.c	En fin d'après-midi, le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol dans un parc éolien. Cette pièce, en matériaux composites, mesure 2 m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg. Elle supporte une armoire électrique. Les agents de maintenance, avertis par une alarme "arrêt automatique turbine" à 17h30, se rendent sur place le lendemain matin. Ils sécurisent l'accès à la zone et préviennent l'exploitant agricole de la parcelle. L'ensemble du parc éolien est mis à l'arrêt.	L'exploitant conclut que la chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages. La procédure n'aurait pas été respectée lors du montage des turbines. La tête de chaque boulon doit reposer sur 2 rondelles (l'une en vinyle, l'autre métallique) permettant de répartir les efforts. Il s'avère que les rondelles métalliques étaient absentes. Les contraintes étaient donc mal réparties et la fibre de verre s'est arrachée autour des rondelles vinyles.  L'exploitant procède au contrôle des carénages des autres aérogénérateurs du parc. Aucun défaut n'est découvert. Il intègre la vérification des boulonnages de fixation du carénage à son plan d'inspection hebdomadaire. L'exploitation du parc éolien reprend le lundi 13. Le carénage accidenté est remplacé.	Aria	
Chute d'une éolienne lors d'une tempête	01/01/2018	BOUIN	Vendée	2,5	2003	N.c.	En début de matinée lors d'une tempête, le mât d'une éolienne de 60 m de haut se brise en 2. Les 55 m supérieurs de l'éolienne chutent au sol. Des débris s'éparpillent sur une surface assez importante. Le rotor est enfoncé dans le sol. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. L'exploitant arrête les 7 autres éoliennes du parc et met en place un gardiennage.	L'exploitant réalise une expertise de l'éolienne mise en service en 2003, conjointement avec son fabricant. 3 jours avant l'accident, alors que le vent souffle à plus de 40 m/s, le contrôle de l'orientation des 3 pales de l'éolienne est perdu. Le système de contrôle des pales stoppe automatiquement la turbine. Les conditions météorologiques ne permettant pas d'intervention directe sur l'aérogénérateur, la situation est diagnostiquée à distance. À la suite d'une erreur d'interprétation des données, un opérateur place l'éolienne dans une position qui entraîne une augmentation rapide de la vitesse du rotor, dépassant la limite de sécurité. Les dispositifs de protection contre la survitesse s'activent, mais la machine ne s'arrête pas à cause d'une usure anormale des blocs de frein du système d'orientation des pales. Les charges mécaniques exercées sur le mât excèdent alors largement les limites de conception de l'éolienne, qui s'effondre. Les investigations de l'exploitant lui permettent de découvrir que le protocole des inspections de maintenance ne couvrait pas la liaison mécanique entre le moteur et les freins. L'usure de cet équipement n'a pas été détectée lors des contrôles annuels.  Les autres éoliennes du site redémarrent après des vérifications spécifiques et le remplacement de leurs blocs de frein du système d'orientation des pales.	Aria	

Chute d'une pale d'éolienne	04/01/2018	NIXEVILLE-BLERCOURT	Meuse	2	N.c.	N.c.	Dans un parc éolien, l'extrémité d'une pale d'une éolienne de 2 MW se rompt lors d'un épisode venteux. Un morceau de 20 m chute au sol. L'exploitant sécurise la zone. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. Un gardiennage est mis en place 24 h/24.	Episode venteux	Aria
Chute de l'aérovein d'une pale d'éolienne	06/02/2018	CONILHAC-CORBIERES	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 11h30, l'aérovein d'une pale d'éolienne chute au sol dans un parc éolien. L'équipe technique présente sur site arrête l'aérogénérateur. La zone est sécurisée, les débris ramassés.	À la suite d'un défaut sur l'électronique de puissance, l'éolienne est passée en arrêt automatique par sollicitation du freinage aérodynamique. Lors de l'ouverture de l'aérovein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute.  Un accident similaire est survenu sur ce parc 2 ans auparavant.	Aria
Incendie	01/06/2018	MARSANNE	Drôme	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 2h30, un feu se déclare au pied d'une éolienne dans un parc composé de 8 aérogénérateurs. L'incendie se propage jusqu'à sa nacelle. Les pompiers placent des lances en prévention de l'extension du sinistre à la végétation car des morceaux incandescents chutent au sol. Ils maîtrisent l'incendie. La nacelle est entièrement brûlée ainsi que la base des pales mais celles-ci restent en place. Une deuxième éolienne fait également l'objet d'un départ de feu, mais celui-ci est resté confiné à sa base. Des barrières sont posées sur les accès et un gardiennage est effectué.	La gendarmerie conclut que l'origine de l'événement est criminelle : les portes d'accès aux éoliennes impliquées ont été fracturées et du combustible est découvert. L'exploitant estime les dégâts à 2 M€.	Aria
Incendie	05/06/2018	AUMELAS	Hérault	N.c.	N.c.	N.c.	Un feu se déclare vers 18h45 dans la nacelle d'une éolienne de 70 m de haut. 10 minutes plus tard, l'exploitant découple à distance le parc éolien du réseau électrique. Des éléments de l'éolienne en feu chutent au sol. Les flammes se propagent en partie basse de l'aérogénérateur. Les pompiers laissent l'incendie se terminer sous surveillance mais placent des lances en prévention d'une propagation du sinistre à la végétation. La nacelle de l'aérogénérateur est presque totalement détruite. 50m <sup>2</sup> de végétation ont brûlé. L'accès à la zone est interdit et surveillé. Les débris sont ramassés.	Selon la presse, un dysfonctionnement électrique serait à l'origine de l'incendie.	Aria
Chute des extrémités de deux pales d'une éolienne	04/07/2018	PORT-LA-NOUVELLE	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 18 h, une avarie est constatée sur 2 des pales d'une éolienne : leurs extrémités se sont disloquées. Des éléments ont été projetés à 150 m du mât après s'être décrochées. L'exploitant met en place un périmètre de sécurité. L'aérogénérateur est mis en position de sécurité. Un gardiennage permanent est mis en œuvre le temps de l'évacuation de tous les débris (jusqu'au 08/07 20 h).	Non communiqué	Aria
Incendie	28/09/2018	SAUVETERRE	Tarn	N.c.	N.c.	N.c.	Un incendie s'est déclaré au parc éolien situé près du col de Salettes à la limite des départements du Tarn, de l'Aude et de l'Hérault. Dans cette zone difficile d'accès et fortement boisée, les sapeurs-pompiers ont rapidement engagé de nombreux moyens ainsi qu'une cinquantaine de soldats du feu venus des centres de secours de Labastide-Rouairoux, Mazamet, Castres, Labruguière, Brassac, Sorèze, de l'Aude, de l'Hérault et du PC mobile de Saint-Juéry. Près de trois hectares ont été détruits mais plusieurs sapeurs-pompiers équipés de quatre véhicules étaient toujours sur place en fin d'après-midi et prévoyaient d'y rester toute la nuit afin d'éviter tout redépart de feu.	Selon les premières constatations effectuées par les gendarmes du PSIG de Saint-Amans, de la BR de Castres et de l'identification criminelle, un problème électrique dans le moteur d'une des éoliennes perché à 70 mètres de hauteur aurait provoqué cet incendie.	Article de presse (La Dépêche du 28/09/2018)
Perte d'huile	17/10/2018	FLERS-SUR-NOYE	Somme	N.c.	N.c.	N.c.	Vers midi, un technicien de maintenance détecte une fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. L'aérogénérateur est arrêté. 150 l d'huiles sont récupérés. L'exploitant du parc éolien estime que 50 l ont été perdus. Sous l'effet du vent, la zone impactée au pied de l'éolienne, ainsi que des terrains cultivés adjacents, est de 2 000 m <sup>2</sup> . Une partie des cultures est perdue. Les terres polluées sont décapées sur une dizaine de cm. Elles sont stockées sur une bâche étanche avant leur retraitement. De la terre végétale est mise en œuvre pour permettre la reprise de l'activité agricole. Un contrôle des prochaines récoltes est planifié.	La mauvaise réalisation d'une activité de maintenance annuelle préventive, la veille de l'événement, en est à l'origine. Selon le prestataire en charge de l'opération, un premier technicien n'a pas suffisamment serré le nouveau filtre hydraulique qu'il venait de mettre en place sur le circuit du multiplicateur de vitesse. Le contrôle de cette opération, prévu par un second technicien, n'a pas été effectué. Un superviseur du prestataire intervient sur le site afin de suivre la qualité du travail et de réaliser la formation des techniciens.	Aria
Effondrement d'une éolienne	6-7/11/2018	LA MARDELLE	Loiret	3	2010	N.c.	Vers 6 h, une éolienne, de 140 m de haut en bout de pale, s'effondre dans un parc éolien composé de 2 aérogénérateurs (3 MW). Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête l'autre éolienne ainsi que les éoliennes de même type dans 4 autres parcs. Un balisage et une surveillance sont mis en place. L'inspection des installations classées constate sur site que le mât s'est arraché de sa base en béton. Les filetages des boulons de fixation du mât sont arasés et les écrous sont arrachés. Des fissures circulaires sont présentes au niveau de la base en béton. Un arrêt de mesures d'urgence est signé par le préfet.	Le rapport d'analyse par l'exploitant est tierce expertisé. Il est conclu qu'une surcharge de rotation des pales de l'éolienne a conduit à une surcharge de contraintes sur la structure, provoquant son effondrement. Cet emballement est consécutif au déclenchement d'un arrêt d'urgence alors que l'alimentation de secours (par batterie) des 3 pales était en défaut, sachant que le passage d'une seule pale en position d'arrêt aurait permis d'arrêter l'éolienne. Les causes de la défaillance simultanée des alimentations électriques des 3 pales de l'éolienne relèvent de :  la conception de l'éolienne : chaque pale est alimentée par 24 batteries montées en série : la défaillance d'une seule met en défaut l'alimentation électrique de l'arrêt d'urgence de la pale. Des batteries étaient déconnectées (circuit ouvert) sur chacune des pales ; le déclenchement de l'arrêt d'urgence désactive la boucle de régulation du système d'orientation des pales, rendant indisponible	Aria

								le contrôle de la vitesse de l'éolienne ; la fiabilité des batteries : leur durée de vie est inférieure à celle annoncée par le fournisseur et donc la plupart des batteries étaient en défaut au moment du déclenchement de l'arrêt d'urgence ; le paramétrage et la gestion des alarmes : tentatives de redémarrage automatique toutes les 5 minutes après un arrêt sur alarme. La détection des tensions basses n'a été effective que sur une pale sur trois ; la gestion de la maintenance et de l'usure des batteries : les procédures n'ont pas été appliquées de manière correcte et les multiples alarmes sur l'aérogénérateur impliqué n'ont pas donné lieu à une analyse particulière des batteries.		
Chute d'aérofreins des pales d'une éolienne	18/11/2018	CONILHAC-CORBIERES	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât. L'équipe technique constate l'incident en se rendant sur site le lendemain en raison de l'arrêt de l'aérogénérateur. L'installation est mise en sécurité. Les débris, contenus dans un rayon de 150 m au pied du mât, sont ramassés et stockés avant traitement et recyclage en filaire agréée.  L'éolienne s'est arrêtée à la suite de l'ouverture de la chaîne de sécurité. La rupture des parties en fibre de verre ainsi que de l'axe en carbone de fixation de l'aérofrein est constatée.  Un accident similaire est survenu sur ce parc au début 2018 (ARIA 51122).	Non communiqué	Aria	
Chute de pale	19/11/2018	OLLEZY	Aisne	N.c.	N.c.	N.c.	À 11h30, un agent de surveillance d'un parc éolien constate la rupture d'une pale d'une éolienne. Des 40 m de l'équipement, les 30 derniers sont tombés au sol. L'exploitant arrête les 9 aérogénérateurs du site. Les communes environnantes sont prévenues. La zone est sécurisée et un balisage du pied de la turbine et de la pale au sol est mis en place. Le site est placé sous surveillance.  Les 8 autres éoliennes du parc, mis en exploitation l'année précédente, redémarrent un mois et demi plus tard.	Non communiqué	Aria	
Incendie	2-3/01/2019	LA LIMOUZINIÈRE	Loire-Atlantique	N.c.	N.c.	N.c.	Vers minuit, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne de 78 m de haut. Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête les 4 autres éoliennes du parc à 2h05. De nombreux débris enflammés tombent au sol. Un feu se déclare au pied de l'aérogénérateur. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 150 m. Ils quittent le site à l'arrivée de la société de maintenance vers 3h35 puis de l'exploitant vers 5h15. Un kit anti-pollution est mis en place par l'exploitant afin de contenir les coulures d'huile le long du mât. Ces huiles s'enflamment au niveau du sol. L'exploitant parvient à éteindre le départ de feu à l'aide de l'extincteur située dans son véhicule. La nacelle de l'éolienne est détruite ainsi que la base des 3 pales. Une incertitude majeure plane sur leur tenue mécanique. Des traces d'huile hydraulique sont présentes jusqu'à 100 m du pied du mât.  L'exploitant met en place un balisage et un gardiennage. Le périmètre de sécurité est porté à 200 m. L'exploitant envisage de démanteler la machine mais l'opération s'avère compliquée en raison du risque de chute d'éléments. Début février, l'essentiel des déchets de fibre de verre sont ramassés.	Selon les premiers éléments de l'enquête, une avarie sur la génératrice de l'éolienne semble à l'origine de l'incendie. Celle-ci avait été bridée à 50 % de sa puissance depuis une quinzaine de jours à la suite de la détection d'une usure de roulement par le système de surveillance vibratoire. Une intervention de maintenance, effectuée le 28/12, avait mis fin à ces vibrations caractéristiques d'un défaut de roulement. Cependant, des signes de délabrage avaient fait leur apparition. Selon l'exploitant, l'analyse du système de surveillance mettrait en évidence un phénomène harmonique à la fréquence de rotation de la génératrice.	Aria	
Chute d'un bout de pale	17/01/2019	BAMBIDESTROFF	Moselle	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 15 h dans un parc éolien, une pale d'éolienne se rompt. Deux morceaux, l'un de 5 m (coque) et l'autre de 28 m (fibre de verre), chutent au sol. Celui de 28 m est projeté à 100 m de l'éolienne. L'exploitant arrête les 5 autres aérogénérateurs du parc à 15h17. Il met en place un périmètre de sécurité et ramasse la totalité des débris.	Selon les premiers éléments d'analyse, un défaut d'adhérence dû à un manque de matière entre la coque en fibre de verre et le cœur de la pale serait à l'origine de cette rupture.  Selon le constructeur, cette désolidarisation d'un bout de pale serait survenue pour la première fois en 12 ans d'exploitation. Le constructeur identifie sur les parcs éoliens en France, 84 pales fabriquées selon les mêmes spécifications que celle qui s'est désolidarisée. Il informe les exploitants de ces parcs éoliens afin que soient menées des inspections supplémentaires permettant de contrôler la suffisance de la quantité et de la distribution de colle entre la coquille inférieure et le reste de la structure des pales.	Aria	
Incendie	20/01/2019	ROUSSAS	Drôme	N.c.	N.c.	N.c.	Dans la nuit, un feu se déclare sur 2 éoliennes d'un parc composé de 12 aérogénérateurs. Les éoliennes sont lourdement endommagées.	D'après la presse, il s'agit d'un acte criminel. Un accident similaire était survenu en juin 2018, dans un parc éolien proche appartenant au même exploitant (ARIA 51675).	Aria	
Effondrement	23/01/2019	BOUTAVENT	Oise	1,2	2011	N.c.	Vers 14h40, le mât de 66 m d'une éolienne se plie en 2 en son milieu. Des débris sont projetés dans un rayon de 300 m. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 500 m. Une	Selon l'exploitant, l'absence de passage en position de sécurité des pales est due à une chute de tension au niveau des batteries pilotant la rotation des pales en cas de coupure de l'alimentation électrique.	Aria	

							coupure de courant impacte vers 13h30 le parc éolien comptant 2 aérogénérateurs. Les pales de l'éolienne accidentée ne se sont pas mises en drapeau et sont restées en position de production, alors que le générateur était à l'arrêt. La machine est entrée en survitesse jusqu'à la dislocation d'une pale. Le balourd en résultant aurait conduit au pliage du mât. Le fabricant met les 21 autres éoliennes du même modèle à l'arrêt.	Il effectue des tests sur toutes les batteries des éoliennes du même constructeur et effectue les remplacements nécessaires. Il modifie également son plan de maintenance : tous les 2 ans, une des 3 pales sera équipée de batteries neuves. Il fixe l'âge maximal d'une batterie en exploitation à 6 ans.		
Chute de pale	30/01/2019	ROQUETAILLADE	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 13 h, une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol. Plusieurs vis provenant du moyeu à roulement de la pale sont retrouvées au sol. Un périmètre de sécurité est mis en place autour de l'éolienne. L'exploitant arrête les 6 autres éoliennes de même technologie du parc. A la demande de l'inspection des installations classées, les 22 autres éoliennes du parc sont arrêtées 5 jours plus tard. Un arrêté préfectoral d'urgence soumet leur redémarrage à l'accord de l'inspection des installations classées.	L'exploitant ne constate pas de dommage structurel sur le reste de l'éolienne. Le mat est intact, ainsi que les fondations. Certaines des vis retrouvées au sol présentent des ruptures franches, des éléments distinctifs de fatigue et des traces de corrosion. Cette corrosion pourrait avoir été engendrée par une précharge insuffisante lors du serrage.	Aria	
Foudre	02/04/2019	EQUANCOURT	Somme	N.c.	N.c.	N.c.	Dans l'après-midi, lors d'un épisode orageux, la foudre touche une des 12 éoliennes d'un parc éolien. Un élu constate une trace noire sur une des pales de la machine. Il alerte le gestionnaire du site. Après constat sur place, l'éolienne est arrêtée à distance à 18h30. Une équipe technique, arrivée sur place à 20h37, place les pales en drapeau et positionne la pale impactée vers le bas, le long du mât, pour éviter tout risque complémentaire. La zone au pied de l'éolienne est balisée pour prévenir tout risque d'accident.  L'impact de foudre a endommagé le revêtement de la pale, proche de la base, sur 5 000 cm <sup>2</sup> .  Le lendemain matin, un expert de la société de fabrication et maintenance de l'éolienne inspecte l'équipement et la pale endommagée. Il estime qu'il n'y a pas de risque d'aggravation des dégâts ni de chute de composants tant que l'éolienne reste à l'arrêt avec les pales mises en drapeau. Une autre inspection les jours suivants permet de confirmer qu'aucune autre des éoliennes n'a été touchée par la foudre. La pale est déposée pour la réparer.		Aria	
Fissuration sur des roulements de pales d'éoliennes	12/02/2019	AUTECHAUX	Doubs	N.c.	N.c.	N.c.	A la suite d'une fissuration constatée sur une bague extérieure de roulement de pale d'une éolienne d'un parc éolien de même technologie hors de France, l'exploitant réalise des inspections de cette pièce sur 3 de ses parcs éoliens comprenant 43 éoliennes.  Ces contrôles mettent en évidence 6 fissurations sur des roulements de pale, positionnés entre la base de la pale et le moyeu.	L'origine des fissurations serait un défaut d'alésage qui, sous contrainte, conduirait à une fissuration par fatigue de la bague au niveau d'une zone d'amorçage propice constituée par les trous d'introduction des billes dans les roulements.	Aria	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement sans répercussion potentielle sur les personnes)
Maintenance	15/04/2019	CHAILLY-SUR-ARMANCON	Côte-d'Or	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 12h15, un sous-traitant est électrisé par un courant de 20 000 V dans une éolienne. Les pompiers interviennent sur les lieux. Un technicien effectue des reconnaissances au sommet de l'éolienne afin de vérifier si celle-ci est endommagée. L'éolienne est sécurisée par le personnel de maintenance. La victime est légèrement blessée. Elle est transportée en centre hospitalier.		Aria	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Incendie	18/06/2019	QUESNOY-SUR-AIRAINES	Somme	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 17 h, un feu se déclare sur une éolienne située dans un parc éolien qui en compte 5. Les équipes de maintenance du site maîtrisent l'incendie. Les pompiers alertés par le parc éolien réalisent des contrôles thermiques pour confirmer l'extinction. Le lendemain, des pièces déposées au pied de l'éolienne à la suite de l'incendie sont dérobées.	D'après la presse, un court-circuit sur un condensateur est à l'origine du sinistre.	Aria	
Incendie	25/06/2019	AMBON	Morbihan	1,67	2008	N.c.	Vers 15h45, lors d'une opération de maintenance au niveau du système d'orientation des pales d'une éolienne, un feu se déclare au niveau de la nacelle de cette éolienne dans un parc mis en service en 2008 comportant 6 machines de 120 m pour une puissance totale de 10,02 MW. Voyant des étincelles, les techniciens alertent les secours. Un périmètre de sécurité de 500 m est mis en place. Le parc est mis à l'arrêt. Des éléments structurels de l'éolienne chutent au sol. L'incendie est maîtrisé vers 18h50.	Non communiqué	Aria	
Chute d'un bout de pale	27/06/2019	CHARLY-SUR-MARNE	Aisne	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 9 h, deux techniciens intervenant sur une éolienne pour maintenance constatent qu'une pale d'une autre éolienne présente un angle anormal. Ils demandent au centre de maintenance l'arrêt à distance de cette éolienne. Vers 9h30, lors de la mise à l'arrêt, le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m de l'éolienne, l'autre à 100 m dans l'enceinte du parc éolien. Chaque morceau correspond à une face de la pale. À la demande des techniciens, l'éolienne est arrêtée à distance.  Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place autour de l'éolienne. L'exploitant arrête l'ensemble des éoliennes du parc. Un arrêté municipal interdit, dès le lendemain, l'accès à l'ensemble du	Non communiqué	Aria	

							parc éolien pour une durée indéterminée. La vitesse du vent au moment du détachement était comprise entre 6 et 7 m/s. La température extérieure était de 22 °C sachant que de très fortes chaleurs sévissaient pendant la période.			
Maintenance	25/09/2019	LES VILLAGES-VOVEENS	Eure-et-Loir	N.c.	N.c.	N.c.	Les deux unités de Chartres et de Dreux du Groupe de recherche et d'intervention en milieux périlleux (Grimp) sont intervenues aux Villages-Vovéens, ce mercredi 25 septembre 2019, vers 13 heures, pour évacuer un homme blessé en haut d'une éolienne, à cent dix mètres de hauteur.  D'autres pompiers des Villages-Vovéens étaient sur place. Le capitaine des pompiers, David Coeur-Joly, qui a dirigé les opérations, explique : "Un technicien est tombé de sa hauteur alors qu'il se trouvait près de la nacelle située en haut de l'éolienne." Selon l'officier, le blessé, âgé de 28 ans, se plaignait de douleurs au niveau des cervicales.	Article EchoRepublicain : <a href="https://www.lechorepublicain.fr/villages-voveens-28150/actualites/un-technicien-blesse-en-haut-d-une-eolienne-aux-villages-voveens_13649253/">https://www.lechorepublicain.fr/villages-voveens-28150/actualites/un-technicien-blesse-en-haut-d-une-eolienne-aux-villages-voveens_13649253/</a>	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance).	
Chute d'élément	fin-nov 2019	SANTERRE ENERGIES	Somme	2,5	2017	Oui	Fin novembre, le nez de l'éolienne s'est désolidarisé de l'engin. Il est tombé, sans causer de dommage. Situé au centre des pâles, sur le moyeu, au centre du rotor, cette pièce est d'origine. C'est en 2014 que ce parc de quatre machines a été érigé par le développeur éolien Valeco. Charge au constructeur, General Electric-Alstom, de réparer l'engin.	La cause ? « Un endommagement des fixations, dû à l'usure », indique le professionnel.	Article CourrierPicard : <a href="https://premium.courrier-picard.fr/id61053/article/2020-01-10/le-nez-de-leolienne-du-plessier-rozainvillers-qui-chute-sera-bientot-remplace">https://premium.courrier-picard.fr/id61053/article/2020-01-10/le-nez-de-leolienne-du-plessier-rozainvillers-qui-chute-sera-bientot-remplace</a>	
Chute d'un bout de pale	09/12/2019	Theil-Rabier Montjean	Charente	2	2016	Oui	L'éolienne N°5 a perdu une demi-pale. « Lundi 9 décembre, vers 18h, mon mari travaillait dehors lorsqu'il fut surpris par un grand bruit provenant de l'éolienne N°5 dont le rotor semblait s'être emballé, relate Dominique Ravaud, maire de la Forêt-de-Tessé. Puis ce fut un « bang », comme celui d'un avion passant « le mur du son ». L'éolienne s'est arrêtée, une pale était cassée. »  L'éolienne N°5 fait partie d'un champ de douze éoliennes Vestas V110 érigées sur les communes de Theil-Rabier, La Forêt-de-Tessé, Montjean, Villiers-le-Roux et Saint-Martin du Clocher.	A l'issue des premières analyses il a été constaté qu'il n'y pas eu d'emballage du rotor. Le bruit émis étant probablement dû au déséquilibre de la pale dans ses dernières rotations. Le bang qui a suivi pourrait être associé au bris de la pale.	Article Charente Libre : <a href="https://www.charentelibre.fr/2019/12/14/la-foret-de-tesse-une-pale-de-l-eolienne-n-5-s-est-brisee-une-expertise-est-lancee_3531693.php">https://www.charentelibre.fr/2019/12/14/la-foret-de-tesse-une-pale-de-l-eolienne-n-5-s-est-brisee-une-expertise-est-lancee_3531693.php</a>	
Chute d'un bout de pale	10/02/2020	Entre Montbrehain et Beaufeuve	Aisne	N.c.	N.c.	N.c.	Entre Montbrehain et Beaufeuve, une pale d'éolienne a cédé sous les fortes rafales de vent. Plusieurs morceaux se sont décollés et ont été projetés à plus de 100 m dans un champ à proximité. Le propriétaire du champ a prévenu la société propriétaire de l'engin qui a envoyé des techniciens venus de Dieppe sécuriser les lieux.	Tempête Ciara	Article Aisne Nouvelle : <a href="https://www.aisnenouvelle.fr/id68135/article/2020-02-10/eolienne-brisee-entrepot-devaste-maison-detruite-coupures-de-courant-ciara-sest">https://www.aisnenouvelle.fr/id68135/article/2020-02-10/eolienne-brisee-entrepot-devaste-maison-detruite-coupures-de-courant-ciara-sest</a>	
Construction	18/02/2020	Montbrehain	Aisne	N.c.	N.c.	N.c.	Peu après 8 heures, ce mardi 18 février, un grave accident du travail s'est produit sur le chantier d'éolienne actuellement en cours sur la commune de Montbrehain. Un employé chargé de faire des prélèvements de ciment s'est retrouvé coincé entre une pompe à béton et la barre d'encastrement de l'arrière d'un camion toupie qui manœuvrait pour déverser son contenu.		Article Aisne Nouvelle : <a href="https://www.aisnenouvelle.fr/id69753/article/2020-02-18/un-ouvrier-transporte-lhopital-apres-un-accident-sur-le-chantier-deoliennes-de?bot=1">https://www.aisnenouvelle.fr/id69753/article/2020-02-18/un-ouvrier-transporte-lhopital-apres-un-accident-sur-le-chantier-deoliennes-de?bot=1</a>	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de construction).
Chute d'un bout de pale	25/02/2020	Theil-Rabier Montjean	Charente	2	2016	Oui	« L'exploitation des parcs éoliens de Theil-Rabier et Montjean est suspendue à compter de la notification du présent arrêté ». Delphine Balsa, secrétaire générale de la préfecture a signé mardi un arrêté qui impose l'arrêt immédiat des douze éoliennes du parc de Montjean – Theil-Rabier (1). Une décision inédite en Charente qui fait suite aux deux accidents successifs des 9 décembre et 25 février. A chaque fois une pale s'était brisée, projetant au sol des débris.		Article Charente Libre : <a href="https://www.charentelibre.fr/2020/02/27/deux-pales-d-eoliennes-se-brisent-en-moins-de-trois-mois-dans-le-nord-charente_3566319.php">https://www.charentelibre.fr/2020/02/27/deux-pales-d-eoliennes-se-brisent-en-moins-de-trois-mois-dans-le-nord-charente_3566319.php</a>	
Incendie partiel	29/02/2020	Boisbergues	Somme	2	2015	Oui	L'une des deux éoliennes implantées en 2015 par la société InnoVent, basée dans le Nord, sur le village de Boisbergue près de Bernaville, a été endommagée par incendie le samedi 29 février.  Les secours ont été dépêchés sur place après que des témoins aient constaté des fumées sortir du mât. Le sinistre a été contenu entre le pied et la tête du mât.	Selon les premières observations, il s'agirait d'un problème hydraulique qui aurait fait couler de l'huile sur des câbles très chauds.	Article Le Journal d'Abbeville : <a href="https://actu.fr/hauts-de-france/boisbergues_80108/gros-coup-chaud-dans-une-eolienne-boisbergue-pres-bernaville_31843812.html">https://actu.fr/hauts-de-france/boisbergues_80108/gros-coup-chaud-dans-une-eolienne-boisbergue-pres-bernaville_31843812.html</a>	
Construction	11/03/2020	Artigues-Ollières	Var	N.c.	N.c.	N.c.	Ce mercredi 11 mars en début d'après-midi, un homme âgé d'une cinquantaine d'années est décédé suite à un accident du travail sur un chantier d'installation éolienne près d'Ollières. Les premiers éléments ont révélé que la victime a été écrasé par un touret d'une tonne.		Article VarMatin : <a href="https://www.varmatin.com/faits-divers/un-homme-meurt-sur-un-chantier-eolien-a-ollieres-478511">https://www.varmatin.com/faits-divers/un-homme-meurt-sur-un-chantier-eolien-a-ollieres-478511</a>	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de construction).
Incendie	24/03/2020	BOULESTE	Aveyron	2	2010	Non	L'alerte a été donnée ce mardi 24 mars peu avant 10 heures par un agriculteur riverain des lieux du sinistre. Neuf pompiers et plusieurs gendarmes dépêchés, un impressionnant panache de fumée, visible à plusieurs kilomètres... et un risque de chute de la génératrice de 67 mètres de hauteur, en proie aux flammes pour une raison encore indéterminée.	Inconnue	Article CentrePresse : <a href="https://www.centrepresseaveyron.fr/2020/03/24/une-eolienne-en-feu-au-parc-de-la-bouleste-a-flavin_8816364.php">https://www.centrepresseaveyron.fr/2020/03/24/une-eolienne-en-feu-au-parc-de-la-bouleste-a-flavin_8816364.php</a> + Aria	
Fissure sur une pale d'éolienne	31/03/2020	Lehaucourt	Aisne	2	2008	Non	A 14h30, à l'occasion d'un contrôle visuel effectué depuis le sol, un technicien constate une fissure sur la pale d'une éolienne. Le défaut, identifié pour la première fois en novembre 2019, a significativement évolué. L'exploitant met à l'arrêt l'éolienne, balise	La fissure est due à un défaut de collage au moment de la fabrication de la pale. Les intempéries ont aggravé cette dégradation.  Huit autres pales de ce même parc éolien sont concernées par le	Aria	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement sans

							la zone et informe l'agriculteur. Une inspection visuelle et un tape-test sont réalisés depuis une nacelle élévatrice. L'exploitant prévoit de remplacer la pale.  L'arrêt de l'éolienne engendre une perte d'exploitation de 90 000 €.	défaut de fabrication. L'exploitant prévoit des inspections tape-test et thermographiques sur ces pales pour évaluer le degré de gravité du défaut de collage et déterminer les réparations à effectuer. Ce plan d'actions était prévu avant la découverte de l'aggravation du défaut, mais a été retardé jusqu'au mois de mai à cause de la crise sanitaire liée à la Covid-19.		répercussion potentielle sur les personnes)
Perte d'huile	10/04/2020	Ruffiac	Morbihan	N.c.	N.c.	N.c.	Une entreprise responsable de la maintenance d'un parc éolien constate une fuite d'huile hydraulique au niveau de la nacelle d'une éolienne. 40 l d'huile s'écoulent le long du mât jusqu'au massif de fondation. L'exploitant du parc est alerté. Il mandate une société spécialisée pour réaliser le nettoyage des zones affectées : la dalle béton et les sols à proximité.  La dalle est nettoyée par un lavage haute pression. Pour le traitement des terres, la société envoie un prélèvement en laboratoire pour analyses. Les terres contiennent principalement des hydrocarbures. 11.6 t de terres sont évacuées pour traitement biologique. La zone excavée est remblayée avec des graviers.	L'origine de la fuite est un défaut au niveau de l'accumulateur de l'éolienne. Une enquête est en cours par la société en charge de la maintenance, afin d'adapter les points de contrôle.	Aria	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'huile)
Chute d'un bout de pale	30/04/2020	PLOUARZEL	Finistère	0,66	2000	Non	Une pale de 20 m de long d'une des 5 éoliennes d'un parc éolien présente une pliure. De forts craquements sont audibles à 300 m de l'éolienne. Une partie de 1,5 m chute au sol. Un technicien sur place pour une intervention constate l'avarie vers 11h20. Le responsable d'exploitation et une équipe arrêtent et mettent en sécurité les 5 éoliennes du parc. Un gardiennage 24h/24 et un périmètre de sécurité de 50 à 60 m sont mis en place. Le périmètre est renforcé par un arrêté municipal qui interdit l'accès au chemin rural. Quatre jours après le constat, l'exploitant bloque mécaniquement le rotor afin de réduire les efforts mécaniques sur les structures mobiles de l'éolienne. Les travaux de réparation de la pale endommagée nécessitent l'installation d'une plateforme pour grue. Elle est mise en place 13 jours après l'incident. L'exploitant organise des vérifications avant de pouvoir remettre en service le parc. Les mesures de sécurité doivent être maintenues tant que la pale n'est pas démontée.	La pale endommagée présente une détérioration à mi-longueur. Des traces de choc sur le mât sont visibles, la pale a probablement heurté plusieurs fois le mât avant de se briser. Des débris de fibres de verre et de colle sont présents dans un rayon de 60 m autour de l'éolienne. L'exploitant collecte ces déchets.  Le système de surveillance de l'éolienne n'a pas détecté les chocs de la pale sur le mât, ni de déséquilibre dans la rotation des pales. L'exploitant confirme que l'éolienne, âgée de 20 ans, n'est pas dotée de dispositif de balourd. D'après les premiers éléments d'analyse de l'exploitant, l'éventualité d'un impact de foudre n'est pas écartée, ou d'une mauvaise orientation des pales, qui a pu entraîner un défaut généralisé. L'inspection des installations classées avance l'hypothèse de coups de vents à répétition dans la zone d'implantation, dont la vitesse serait supérieure à celle à l'origine du dimensionnement de l'éolienne, et qui auraient pu avoir fatigué prématurément les pales.	Aria	
Chute de pale	27/06/2020	La Ferrière	Côtes-d'Armor	2,5	2015	Oui	La chute a été constatée ce samedi matin dans un parc éolien de La Ferrière. Six éoliennes de 2 mégawatts y ont été inaugurées en 2015. Ce samedi en début d'après-midi, la société exploitante, P & T Technologie, et le constructeur, Nordex, sont venus apprécier les dégâts. Pour l'instant aucune hypothèse n'est avancée.  Enquête en cours Les 5 autres éoliennes du parc ont été également stoppées. "Ils sont passés faire de la maintenance sur le site ces 15 derniers jours", remarque le maire. Pour l'heure, la préoccupation est de comprendre comment un tel incident a pu se produire.	Inconnue	Article Presse : <a href="https://france3-regions.francetvinfo.fr/bretagne/cotes-d-armor/pale-eolienne-20-tonnes-s-eccrase-champ-plemet-cotes-armor-1847354.html">https://france3-regions.francetvinfo.fr/bretagne/cotes-d-armor/pale-eolienne-20-tonnes-s-eccrase-champ-plemet-cotes-armor-1847354.html</a>	
Incendie	01/08/2020	Issenlas	Ardèche	N.c.	N.c.	N.c.	A 15 h, des techniciens en intervention dans un parc éolien constatent un dégagement de fumée au niveau de la nacelle d'une éolienne. Ils alertent l'exploitant qui arrête l'ensemble du parc. Le gestionnaire du réseau électrique coupe le réseau HT. De la fumée est visible et des débris tombent au pied de l'éolienne. Les pompiers interviennent au sol pour éteindre des départs de feu de broussailles. La fumée s'estompe d'elle-même en 15 minutes. A 17 h, le parc éolien est relancé sauf l'éolienne impactée. L'exploitant met en place un gardiennage. Il contrôle visuellement l'ensemble des pales. Aucun dommage n'est constaté.  Des résidus en combustion ont atteint le sol, ce qui a provoqué des dégâts sur 20 m² de végétation au pied de l'éolienne. Les dégâts internes restent concentrés au niveau de la génératrice en nacelle et nécessitent des réparations. L'éolienne reste à l'arrêt pendant 7 semaines, impliquant des pertes d'exploitation.	Le dégagement de fumées résulte de l'échauffement des pièces de protection (vernis, carters en plexiglas, carcasse en caoutchouc) de la génératrice de l'éolienne. Au cours du redémarrage de la machine, une combustion localisée au niveau du joint caoutchouc entre les carénages de la génératrice et les enroulements du stator a provoqué l'échauffement du carénage de protection. Après analyse, l'exploitant constate que les performances du joint, qui sert à orienter le flux d'air sur la génératrice, ne sont pas conformes. Les caractéristiques du joint associées à une faiblesse locale d'isolement de la génératrice ont entraîné la combustion du joint.  De plus, le détecteur de fumée de l'éolienne signalait un défaut qui n'a pas été transmis au centre de contrôle, car une alarme de priorité supérieure, un défaut de terre, a été détectée avant. Ce premier défaut électrique a provoqué la mise à l'arrêt de la machine avant le dégagement de fumées. Ce dernier a été détecté par des opérateurs en intervention sur une autre machine.  Un nettoyage à la glace carbonique des suies présentes autour de la génératrice est effectué les jours suivants. L'exploitant corrige le défaut lié au détecteur de fumées et met à jour le logiciel de traitement des alarmes sur toutes les machines. L'isolation de la génératrice est renforcée. Il prévoit également de remplacer tous les joints en caoutchouc par des joints silicones avec les performances requises.	Aria	
Chute de pale	12/01/2021	Saint-Georges-sur-Arnou (Parc des Vignes)	Indre	2,5	2010	Oui	Onze tonnes à terre pour une longueur de 47 mètres, la pale est tombée dans le champ et l'éolienne s'est immédiatement arrêtée. « Le site a été immédiatement sécurisé et nous avons décidé de	Pour les 3 pales simultanément, ce système d'orientation des pales est inopérant, l'éolienne entre alors en survitesse	<a href="https://www.lanouvellerepublique.fr/indre/l-eolienne-perd-sa-pale-de-11-tonnes">https://www.lanouvellerepublique.fr/indre/l-eolienne-perd-sa-pale-de-11-tonnes</a>	

							stopper les quatre autres éoliennes, assure un responsable du développeur Aquo. Il y a eu une défaillance technique et les analyses techniques sont déjà en cours. Nous n'avons jamais connu ce type d'incident et a priori, ce n'est pas le vent. » Depuis dix ans que ces cinq éoliennes fonctionnent, l'édile dit qu'il n'y a eu jusque-là « que des incidents mineurs ».	Lors de l'incident, l'éolienne était soumise à des vitesses de vent (entre 10 et 15 m/s)	Iris	
Rupture de pale	12/01/2021	Priez	Aisne	2	2017	Oui	Vers 8 h, la pale d'une éolienne se casse. L'alerte est donnée à l'exploitant par la mairie. Vers 9h15, les équipes de maintenance arrêtent l'ensemble des éoliennes du parc à distance. Sur place à 10h30, elles établissent un périmètre de sécurité de 150 m autour de l'éolienne. Un agent de sécurité surveille l'accès au site. Les débris de pales sont retirés. L'ensemble du parc est à l'arrêt.	La casse est due à un défaut de réparation au niveau du bord de fuite (trou). La réparation a été effectuée par un technicien à l'issue de la fabrication. Aucun système instrumenté de sécurité n'a détecté la rupture de pale pouvant entraîner l'arrêt de la machine en sécurité.	Iris	<a href="https://www.lunion.fr/id232764/article/2021-02-14/une-eolienne-de-priez-perd-les-34-dune-pale">https://www.lunion.fr/id232764/article/2021-02-14/une-eolienne-de-priez-perd-les-34-dune-pale</a>
Chute d'éléments d'une pale	13/02/2021	Patay	Loiret	2	2007	N.c.	Un samedi matin, vers 8 h, une pale se détache d'une éolienne dans un parc éolien. L'exploitant reçoit une alerte de panne d'orientation de la nacelle mettant à l'arrêt la machine vers 11 h. Vers 12 h, une équipe d'intervention constate l'arrachement de fibres de verre sur le bord de fuite de l'une des 3 pâles de la machine. Des techniciens mettent les pâles en drapeau et placent la pale défectueuse vers le bas. Le rotor est bloqué mécaniquement. L'exploitant sécurise la zone, notamment par un balisage et la suppression du risque de chute d'éléments. Il arrête les autres éoliennes du parc.  Des lames de fibres de verre sont retrouvées à 30 m de la machine et des fragments jusqu'à 150 m. L'exploitant regroupe l'ensemble des débris dans un conteneur dédié avant passage de l'expert et la prise en charge par une société capable de recycler les composants et non de les incinérer.	A la suite d'une analyse de l'état de la pale, un tiers expert constate un défaut de collage, soit en terme de répartition de la colle, soit en terme de qualité de la colle. Les indices précurseurs de fragilisation n'ont pas été détectés lors de la maintenance de contrôle. Il s'agirait d'une cinétique lente de rupture. L'exploitant constate une insuffisance des détecteurs, notamment de balourds et d'inclinaison, équipant la machine. En effet, aucun système de supervision à distance de l'éolienne n'a pu confirmer la chute de la pale. L'événement a été constaté sur place après plusieurs heures.	Iris	
Construction	24/04/2021	Erquy (plage de Caroual)	Côtes-d'Armor	N.c.	En construction	N.c.	"Dans la nuit du vendredi au samedi 24 avril, vers 4h du matin, un cocktail molotov a été lancé sur le chantier de raccordement de la plage de Caroual, à Erquy, où les travaux ont commencé le 15 mars dernier. Un vigile, seul présent sur place, a pu rapidement arrêter le feu." Celui-ci n'a d'ailleurs pas été blessé.	Opposant(s) au projet du parc éolien	<a href="https://www.francebleu.fr/infos/faits-divers-justice/erquy-un-cocktail-molotov-sur-le-chantier-du-parc-eolien-1619260784">https://www.francebleu.fr/infos/faits-divers-justice/erquy-un-cocktail-molotov-sur-le-chantier-du-parc-eolien-1619260784</a>	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (sans repercussion sur les personnes)
Incident technique	28/07/2021	Saint-Brieuc	Côtes-d'Armor	N,c	En construction	N,c	"Ce mercredi 28 juillet 2021 peu avant 8h, le commandant de l'Aeolus a à nouveau signalé au CROSS Corsen que l'une de ses trois foreuses venait de subir un incident technique lors de sa remontée à bord : quelques dizaines de litres d'huile hydraulique de type panolin HLP SYNTH 46 se sont ainsi déversées majoritairement sur le pont du navire mais aussi en mer."	Inconnue	Article Franceinfo: <a href="https://france3-regions.francetvinfo.fr/bretagne/cotes-d-armor/saint-brieuc/chantier-eolien-en-baie-de-saint-brieuc-nouvel-incident-technique-de-foreuse-les-travaux-sont-suspendus-2196526.html">https://france3-regions.francetvinfo.fr/bretagne/cotes-d-armor/saint-brieuc/chantier-eolien-en-baie-de-saint-brieuc-nouvel-incident-technique-de-foreuse-les-travaux-sont-suspendus-2196526.html</a>	Ne concerne pas directement l'étude de dangers car c'est un chantier éolien offshore ,
Chute d'éléments	20/10/2021	Coole	Marne	3,2	2020	Oui	Inconnue	Inconnue	Iris	
Rupture de pale	20/10/2021	Auzay	Vendée	4	2021	Oui	Inconnue	Inconnue	Iris	
Rupture de pale	26/10/2021	Charly-sur-Marne	Aisne	2	2009	N.c.	L'éolienne E2 était à l'arrêt suite à un impact de foudre enregistré le 30/08/2021 qui a endommagé le bout de la pale. Deux expertises ont été réalisées pour définir le protocole de réparation. La réparation était planifiée pour commencer le 29/11/2021. Le 26/10/2021 à 18h00 : le maintenancier Vestas a averti l'exploitant du bris du bout de la pale. Immédiatement un périmètre de sécurité a été matérialisé. La tempête Aurore a eu lieu le 21/10/2021 et un évènement de fort vent le 25/10/2021 a été enregistré sur le parc.	Foudre (tempête Aurore)	Iris	
Rupture de pale	03/12/2021	La Souterraine	Creuse	2	2014	N.c.	Une pale s'est cassée, elle est tombée au sol à environ 60m du pied de l'éolienne sans occasionner d'autres dégâts. L'ensemble des éoliennes du parc éolien ont été arrêtées à titre préventif. Le 112 a été contacté dès 16h45. Appel à la mairie de La Souterraine à 16h47 puis à la mairie de Saint Agnan à 17h25 (déjà au courant). Les deux mairies (La Souterraine et Saint Agnan de Versillat), les gendarmes et pompiers se sont rendus sur site vers 17h30. La DREAL a été contactée à 18h49. Un périmètre de sécurité a été installé par l'exploitant vers 01h00 dans la nuit de vendredi à samedi. Conséquences environnementales : l'incident a généré X tonnes de déchets (poids de la pale) qui seront traités par un prestataire agréé, conformément à la réglementation en vigueur. Pas de pollution des terres. Rupture de la pale côté moyeu (la racine de la pale est restée fixée au moyeu sur environ 2-3 mètres). Les causes profondes seront à déterminer suite aux premières expertises qui seront menées la semaine du 6 au 10 décembre. D'éventuelles améliorations pourront être envisagées en fonction des conclusions de l'expertise.	Inconnue	Iris	
Chute d'un aérofrein d'une éolienne	24/12/2021	Fécamp	Seine-Maritime	0,9	2006	N,c	Ne pouvant redémarrer à distance l'éolienne n°1 du parc, une équipe de maintenance de EDF Renouvelables Services s'est déplacée le matin du 27/12 pour dépanner l'éolienne. En arrivant sur site, ils ont constaté qu'un aérofrein sur une des pales était	Inconnue	Iris	

							manquant. L'équipe l'a retrouvé à 150m dans le champs jouxtant l'éolienne. Selon les données SCADA, l'événement est survenu le 24/12 à 21h09. La vitesse du vent était de 4,5 m/s. Dans l'attente de l'expertise, les 4 autres éoliennes du parc ont été mises à l'arrêt.		
Incendie électrique câble	28/12/2021	Treilles	Aude	1,3	2000	N.c	Arrêt d'exploitation. Sécurisation des pales sur pitchs hydrauliques à renforcer par rotor lock	Inconnue	Iris
Fuite/Deversement d'huile	11/02/2022	Oresmaux II	Somme	2,2	N.c	N.c	Pendant une maintenance, Vestas a informé Enertrag d'une fuite sur l'éolienne 2 du parc d'Oresmaux II, par mail avec photos. L'huile a coulé en abondance le long du mat et a commencé à s'écouler sur la plateforme, en proximité immédiate du mat. Vestas a immédiatement appliqué un kit antipollution au sol pour contenir la propagation de la nappe d'huile et dépêché une équipe pour commencer le nettoyage. Après précisions par téléphone, Vestas a mandaté des techniciens pour inspecter en profondeur les origines et causes de la fuite puis mettre en place des mesures pour éviter sa reproduction. Nous attendons les résultats de cette inspection sous la forme d'un rapport détaillant le ou les produit(s) et la quantité ayant fuité, disponible la semaine du 21/02/2022 d'après Vestas.	Inconnue	Iris
Perte de liaison satellitaire	09/03/2022	Treilles	Aude	1,5	N,c	N,c	Suite à la cyberattaque concernant un satellite, la communication en provenance du parc a été perdue - modem HS. Le parc était à l'arrêt suite à un problème technique sur l'installation HT. Il ne sera remis en service qu'après correction de la communication également.	Cyberattaque	Iris
Fuite d'huile hydraulique	24/03/2022	Lislet	Aisne	2	N,c	N,c	A 10H09, l'Alarme 203 "Low pressures on hydraulic group" a été déclenchée. Un opérateur alerté par cette alarme s'est rendu sur site constatant la présence d'huile sur le mat, le sol comprenant notre plateforme, le chemin d'accès et deux parcelles voisines du parc. La fuite a été causé par la rupture du sertissage d'un flexible faisant la liaison entre la nacelle (rotating) vers le hub. Avec la perte de pression, le flexible a été éjecté dans le hub. La machine est mise à l'arrêt automatiquement. Un kit a été posé autour du mat et la fondation a été épongée avec du papier absorbant Une équipe de maintenance est intervenue en fin de matinée pour trouver l'origine de la fuite et l'arrêter. et ils ont commencé le nettoyage intérieur La flexible a été changé le lendemain et la machine a été mise en run. Une société a été mandatée pour réaliser des prélèvements et analyses des sols potentiellement pollués.	Rupture sertissage d'un flexible	Iris
Rupture de pale	02/04/2022	Saint-Félix-Lauragais	Haute-Garonne	1,6	2009	N.c.	Inconnue	Inconnue	Iris
Chute d'éléments	08/04/2022	Saint-Paul-du-Bois	Maine-et-Loire	2,4	2019	Oui	Inconnue	Inconnue	Iris
Incendie	20/04/2022	Saint-Germainmont	Ardennes	2,05	2011	N.c.	Parc à l'arrêt Eolienne E9 : Nacelle brûlée + pale Coupure de la tension éolienne E9 à E10 pour éviter les risques dues aux infiltration d'eau Sécurisation du site par un périmètre de sécurité qui impacte plusieurs parcelles agricoles	Inconnue	Iris
Chute de pale	30/04/2022	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	0,85	2008	N.c.	30.04.2022: Vent : 9m/s temps clair 18:00. Une pale s'est cassée et est tombée au pied de l'éolienne sans occasionner d'autres dégâts. Ouverture cellule de crise interne, information de la Préfecture/Mairie/Constructeur/DREAL. Mise à l'arrêt à distance des installations. Rencontre de l'exploitant avec la gendarmerie le jour de l'évènement (22:15). Balisage formel.  01.05.2022: L'exploitant est présent sur le site à l'aube. Balisage intégral et positionnement d'une société de gardiennage 24/7. Inspection préalable constructeur en présence de l'exploitant.  Bilan: Destruction de la pale suite à rupture au niveau du moyeu, sans autre conséquence identifiée en date de déclaration	Rupture au niveau du moyeu	Iris

## J.4 SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie G.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).

### J.4-1. Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)

#### ■ SCENARIO G01

En cas de formation de glace, les systèmes de préventions intégrés stopperont le rotor. La chute de ces éléments interviendra donc dans l'aire surplombée par le rotor, le déport induit par le vent étant négligeable.

Plusieurs procédures/systèmes permettront de détecter la formation de glace :

- Système de détection de glace
- Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor
- Arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

#### ■ SCENARIO G02

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

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

### J.4-2. Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)

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

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

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

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

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

- Concernant le défaut de conception et fabrication : Contrôle qualité
- Concernant le non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant, Contrôle qualité (inspections)

- Concernant les causes externes dues à l'environnement : Mise en place de solutions techniques visant à réduire l'impact. Suivant les constructeurs, certains dispositifs sont de série ou en option. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonction des caractéristiques du site.

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

- Perte de réseau électrique : l'alimentation électrique de l'installation est nécessaire pour assurer le fonctionnement des éoliennes (orientation, appareils de mesures et de contrôle, balisage, ...)

Perte de communication : le système de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance du parc peut être interrompu pendant une certaine durée.

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

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

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

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

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

### J.4-3. 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, ...).

#### ■ SCENARIO F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

## ■ SCENARIO F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

### J.4-4. Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)

Les scénarios 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.

### J.4-5. 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'emballage de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballage peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

## ■ SCENARIO P01

En cas de défaillance du système d'arrêt automatique de l'éolienne en cas de survitesse, les contraintes importantes exercées sur la pale (vent trop fort) pourraient engendrer la casse de la pale et sa projection.

## ■ SCENARIO P02

Les contraintes exercées sur les pales - contraintes mécaniques (vents violents, variation de la répartition de la masse due à la formation de givre...), conditions climatiques (averses violentes de grêle, foudre...) - peuvent entraîner la dégradation de l'état de surface et à terme l'apparition de fissures sur la pale.

Prévention : Maintenance préventive (inspections régulières des pales, réparations si nécessaire)

Facteur aggravant : Infiltration d'eau et formation de glace dans une fissure, vents violents, emballage de l'éolienne

## ■ SCENARIOS P03

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

### J.4-6. 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, ...

## J.5 PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

$P_{\text{ERC}}$  = 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*10-2	5 10-2 (A)
Chute d'éléments	10-3	1,8*10-2	1,8 10-5 (D)
Projection de tout ou partie de pale	10-4	10-2	10-6 (E)
Projection de morceaux de glace	10-2	1,8*10-6	1,8 10-8 (E)

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

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

## J.6 GLOSSAIRE

### ■ ÉVALUATION DES RISQUES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Intensité des effets d'un phénomène dangereux** : Mesure physique de l'intensité du phénomène (thermique, toxique, surpression, projections). Parfois appelée gravité potentielle du phénomène dangereux (mais cette expression est source d'erreur). Les échelles d'évaluation de l'intensité se réfèrent à des seuils d'effets moyens

conventionnels sur des types d'éléments vulnérables [ou enjeux] tels que « homme », « structures ». Elles sont définies, pour les installations classées, dans l'arrêté du 29/09/2005. L'intensité ne tient pas compte de l'existence ou non d'enjeux exposés. Elle est cartographiée sous la forme de zones d'effets pour les différents seuils.

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

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

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

#### ■ TERMES SPECIFIQUES AUX EOLIENNES

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

**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.

**Mise en service industrielle :** phase d'exploitation suivant la période d'essais et correspondant à la première fois que l'installation produit de l'électricité injectée sur le réseau de distribution.

**Point de raccordement :** point de connexion de l'installation au réseau électrique. Il peut s'agir entre autres d'un poste de livraison ou d'un poste de raccordement. Il constitue la limite entre le réseau électrique interne et externe.

**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.

#### ■ SIGLES

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

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

**SER :** Syndicat des Énergies Renouvelables

**FEE :** France Energie Éolienne

**INERIS :** Institut National de l'Environnement industriel et des RISques

**EDD :** Étude De Dangers

**APR :** Analyse Préliminaire des Risques

**ERP :** Établissement Recevant du Public

## J.7 BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- [2] NF EN 61400-1 Éoliennes – 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 ingenieursgesellschaft, 2004
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006
- [8] Oméga 10 : Évaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- [9] Arrêté du 26 août 2011 modifié au 10 décembre 2021 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- [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 Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005