



**Objet du dossier :**

Projet éolien de Tincey-et-  
Pontrebeau  
Commune de Tincey-et-  
Pontrebeau (70)

# PIECE N°4 PIECE N°5

**PROJET ÉOLIEN DE TINCEY-ET-PONTREBEAU  
COMMUNE DE TINCEY-ET-PONTREBEAU (70)  
RÉSUMÉ NON TECHNIQUE DE L'ÉTUDE DE DANGERS  
ETUDE DE DANGERS**





**Objet du dossier :**  
Projet éolien de Tincey-et-  
Pontrebeau  
Commune de Tincey-et-  
Pontrebeau (70)

**Contact :**  
Amélie RAVIER  
CNR  
2, rue André Bonin  
69004 LYON

# PIECE N°4



## PROJET ÉOLIEN DE TINCEY-ET-PONTREBEAU COMMUNE DE TINCEY-ET-PONTREBEAU (70)

### RÉSUMÉ NON TECHNIQUE DE L'ÉTUDE DE DANGERS

RUBRIQUE DES ACTIVITÉS SOUMISES À AUTORISATION AU TITRE DE LA NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT : 2980

ÉTUDE RÉALISÉE PAR :



13 AVENUE BATAILLON  
CARMAGNOLE LIBERTE  
69120 VAULX-EN-VELIN  
04 78 52 82 55

AOUT  
2022

## TABLES DES MATIERES

<b>I.</b>	<b>Préambule .....</b>	<b>3</b>
<b>II.</b>	<b>Informations générales concernant l'installation .....</b>	<b>3</b>
	<i>II.1 Localisation du site.....</i>	<i>3</i>
	<i>II.2 Définition de l'aire d'étude.....</i>	<i>3</i>
<b>III.</b>	<b>Description de l'environnement de l'installation .....</b>	<b>5</b>
<b>IV.</b>	<b>Descriptif de l'installation .....</b>	<b>7</b>
	<i>IV.1 Caractéristique de l'installation.....</i>	<i>7</i>
	<i>IV.2 Fonctionnement de l'installation.....</i>	<i>7</i>
	IV.2.1 Sécurité de l'installation .....	7
	IV.2.2 Opérations de maintenance sur le parc.....	7
	IV.2.3 Stockage et flux des produits dangereux.....	7
<b>V.</b>	<b>Identification des potentiels de dangers de l'installation .....</b>	<b>9</b>
	V.1.1 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation .....	9
	V.1.2 Réduction des potentiels de dangers à la source .....	9
<b>VI.</b>	<b>Analyse préliminaire des risques .....</b>	<b>10</b>
<b>VII.</b>	<b>Etude détaillée des risques.....</b>	<b>11</b>
	<i>VII.1 Synthèse de l'étude détaillée des risques.....</i>	<i>11</i>
	<i>VII.2 Synthèse de l'acceptation des risques.....</i>	<i>11</i>
<b>VIII.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>13</b>

## INDEX DES FIGURES

<i>Figure 1 : Situation du projet à l'échelle nationale .....</i>	<i>3</i>
<i>Figure 2 : Définition de l'aire d'étude de dangers .....</i>	<i>4</i>
<i>Figure 3 : Synthèse de l'environnement humain et matériel .....</i>	<i>6</i>
<i>Figure 4 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur .....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 5 : Plan détaillé des installations.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 6 : Synthèse des risques - éoliennes E1 à E3.....</i>	<i>12</i>

## INDEX DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Synthèse des distances aux habitations et zones urbanisées.....</i>	<i>5</i>
<i>Tableau 2 : Liste des scénarios exclus de l'étude détaillée.....</i>	<i>10</i>
<i>Tableau 3 : Les classes de probabilité des scénarii d'accident majeur .....</i>	<i>11</i>
<i>Tableau 4 : Les paramètres de risques selon un scénario .....</i>	<i>11</i>
<i>Tableau 5 : Matrice de criticité .....</i>	<i>11</i>
<i>Tableau 6 : Légende de la Matrice de Criticité.....</i>	<i>11</i>

## I. PREAMBULE

**L'étude de dangers a pour objectif de démontrer, dans le cadre du projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau, la maîtrise du risque par l'exploitant du parc.**

L'étude de dangers 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 d'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.

## II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### II.1 Localisation du site

Le projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau se localise sur la commune éponyme, au nord-ouest du territoire communal, dans le département de la Haute-Saône (70), en Bourgogne-Franche-Comté. Le projet s'implante dans l'unité paysagère des plateaux calcaires de l'ouest, à proximité de la vallée de la Saône à 25 km à l'ouest de Vesoul et à 23 km au nord-est de Gray.

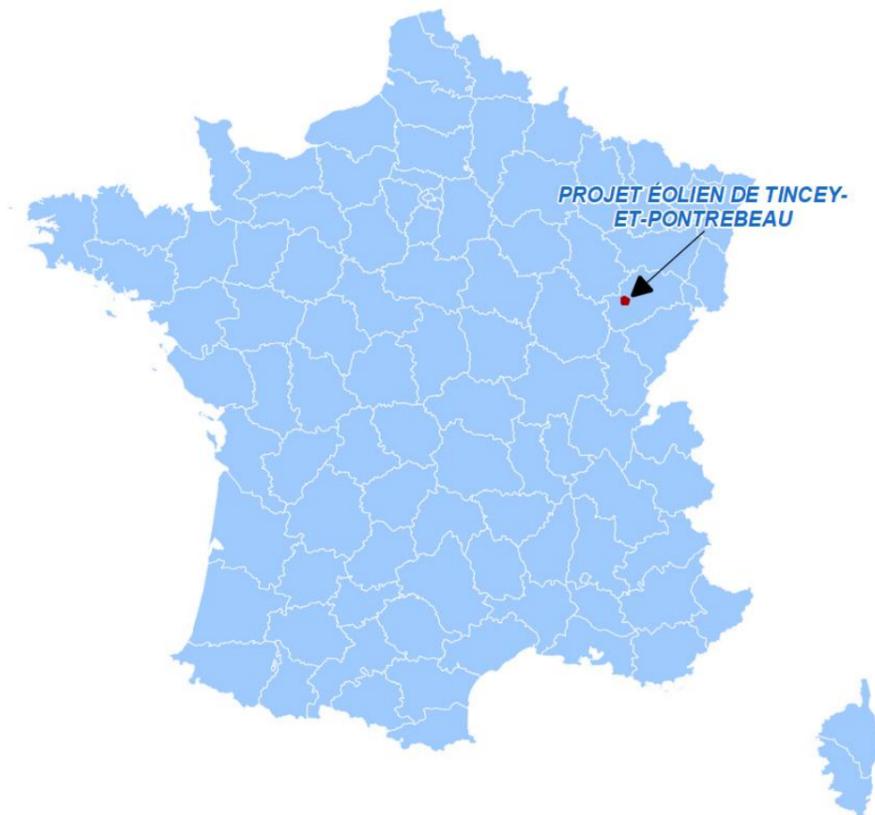


Figure 1 : Situation du projet à l'échelle nationale

### II.2 Définition de l'aire d'étude

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection.

L'aire d'étude globale des dangers regroupe le territoire de 4 communes :

- Tincey-et-Pontrebeau ;
- Membrey ;
- Brotte-lès-Ray ;
- Lavoncourt.

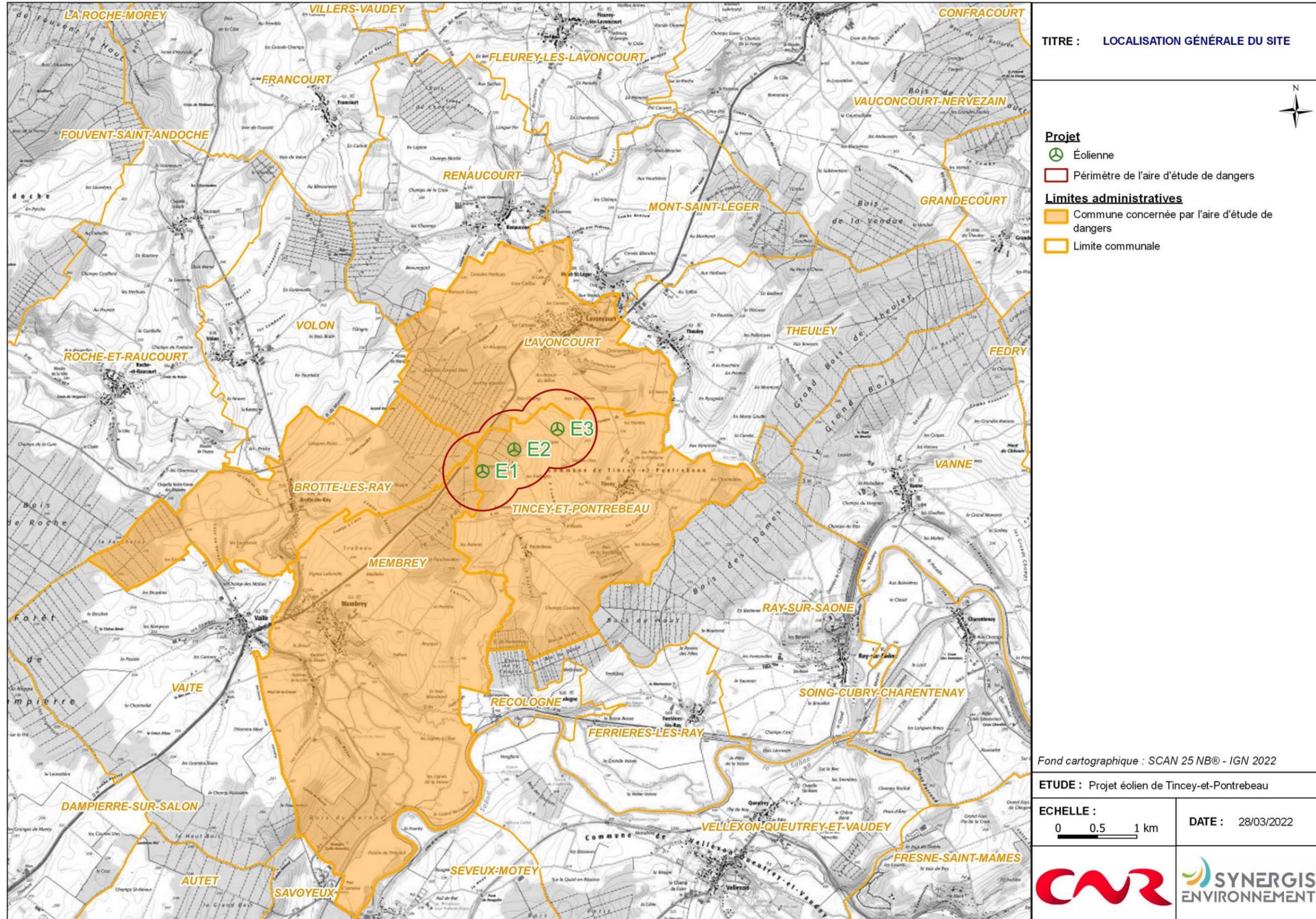


Figure 2 : Définition de l'aire d'étude de dangers

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

Environnement naturel	Environnement humain	Environnement matériel										
<p><b>Contexte climatique :</b> D'après les données de cadrage fournies par Météo-France, le projet se situe au sein d'une zone de climat semi-continental. Les étés y sont chauds et les hivers rudes, avec un grand nombre de neige et de gel. La pluviométrie annuelle y est particulièrement élevée, et les étés sont souvent à caractère orageux, apportant des pluies importantes. Le cumul des précipitations est variable et aléatoire dans l'ancienne région Franche-Comté, en raison des nombreux reliefs environnants. Il s'agit d'un climat semi-continental humide dans les plaines et les vallées.</p> <p><b>Risques naturels :</b> Au niveau de l'aire d'étude, les risques naturels reposent principalement sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Le risque sismique</i> : les communes de l'aire d'étude de dangers sont classées en zone de sismicité faible.</li> <li>- <i>Le risque mouvements de terrain</i> : les risques de mouvements de terrain, de cavités souterraines sont très faibles et le risque de retrait-gonflement des argiles est faible sur l'aire d'étude de dangers.</li> <li>- <i>Le risque inondation</i> : pas de sensibilité particulière. Des zones potentiellement sujettes aux inondations de cave sont recensées mais l'exactitude des données ne permet d'en déduire un enjeu localisé.</li> <li>- <i>Le risque foudre</i> : le risque orageux en Haute-Saône est relativement faible comparé à la moyenne nationale.</li> <li>- <i>Le risque incendie</i> : les communes concernées par l'aire d'étude de dangers ne sont pas particulièrement concernées par le risque incendie. Ce territoire n'est pas soumis à l'élaboration d'un plan de protection des forêts contre les incendies.</li> </ul>	<p>La zone d'étude de dangers n'est pas concernée par des zones urbanisées, habitables ou habitées. L'éolienne la plus proche d'une habitation (E3) en est éloignée de 851 m. Le périmètre de l'étude de dangers n'est par ailleurs concerné par aucun bureau ni bâtiment agricole.</p> <p>Le tableau ci-après présente les distances minimales entre les éoliennes du projet de Tincey-et-Pontrebeau et une habitation isolée, un village et une zone urbanisable (au sens du droit de l'urbanisme).</p> <p style="text-align: center;"><i>Tableau 1 : Synthèse des distances aux habitations et zones urbanisées</i></p> <table border="1" data-bbox="1080 695 1890 1136"> <thead> <tr> <th>Type environnement humain</th> <th>Nom du lieu habité et distance à l'éolienne la plus proche</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Habitation isolée la plus proche</b></td> <td>Habitation située chemin du Billon, au sud du bourg de Lavoncourt, <b>E3 à 851 m au sud</b></td> </tr> <tr> <td><b>Hameau le plus proche</b></td> <td>Pontrebeau, <b>E1 à 956 m au nord</b></td> </tr> <tr> <td><b>Bourg le plus proche</b></td> <td>Tincey-et-Pontrebeau, <b>E3 à environ 1,1 km au nord-ouest</b></td> </tr> <tr> <td><b>Zones urbanisables les plus proches</b></td> <td>Zone U du PLU de Lavoncourt, située chemin du Billon, <b>E3 à 843 m au sud</b></td> </tr> </tbody> </table> <p>Aucun Etablissement recevant du public n'est identifié dans l'aire de l'étude de dangers.</p> <p>Aucun établissement ICPE ne se trouve au sein de l'aire d'étude de dangers ni à proximité directe.</p> <p>Aucun sentier de randonnée n'est recensé au sein de l'aire d'étude de dangers.</p>	Type environnement humain	Nom du lieu habité et distance à l'éolienne la plus proche	<b>Habitation isolée la plus proche</b>	Habitation située chemin du Billon, au sud du bourg de Lavoncourt, <b>E3 à 851 m au sud</b>	<b>Hameau le plus proche</b>	Pontrebeau, <b>E1 à 956 m au nord</b>	<b>Bourg le plus proche</b>	Tincey-et-Pontrebeau, <b>E3 à environ 1,1 km au nord-ouest</b>	<b>Zones urbanisables les plus proches</b>	Zone U du PLU de Lavoncourt, située chemin du Billon, <b>E3 à 843 m au sud</b>	<p>L'aire d'étude de dangers est concernée par la route départementale RD 70 qui passe dans le tiers nord-ouest du périmètre, selon un axe nord-est – sud-ouest. En outre, plusieurs routes communales et chemins ruraux d'exploitation agricole et forestière maillent l'aire d'étude de dangers.</p> <p>La RD 70 est catégorisée en réseau structurant de 2eme catégorie (RS2). D'après le décret n°2010-578 du 31 mai 2010 fixant la liste des routes à grande circulation, le tronçon de la RD 70 au sein de l'aire d'étude dangers, est classée route à grande circulation. <b>Les éoliennes respectent la distance de 75 m imposée par la Loi Barnier.</b></p> <p>Aucun réseau de transport fluvial ou ferroviaire n'est présent dans l'aire de l'étude de dangers.</p> <p>Aucun Plan de Servitude Aéronautique (PSA) ne grève l'aire d'étude de dangers. Au plus proche, le PSA associé à l'aérodrome de Gray est situé à 23 km.</p> <p>La Direction générale de l'aviation civile (DGAC) a été consultée. Par courrier en date du 08/02/2019, elle n'a formulé aucune objection à l'encontre de ce projet. Par courrier en date du 11/02/2022, le Service national d'Ingénierie aéroportuaire Centre et Est informe : « <i>que le projet n'est affecté d'aucune servitude ou contrainte aéronautique rédhitoire liée à la proximité immédiate d'un aérodrome civil, à la circulation aérienne ou à la protection d'appareils de radio-navigation. Toutefois, je vous informe que le projet est à proximité de l'aérodrome privé de Tincey-et-Pontrebeau. En l'absence de l'accord du gestionnaire, les éoliennes devront être à plus de 2.5 km de cet aérodrome.</i> »</p> <p>De même, l'Armée de l'Air a été consultée. Par courrier en date du 24/06/2020, elle n'a émis aucune prescription locale.</p> <p>L'association Aero-club u.l.m. tince'air possède une base d'ULM à accès privé sur la commune de Tincey-et-Pontrebeau. La piste d'ULM est située, au plus proche, à 821 m au sud de l'éolienne E3. Le pétitionnaire a fait appel à la société CGX AERO pour évaluer l'impact d'implantation d'éoliennes sur la base ULM, le rapport est présenté en annexe de l'étude de dangers. <b>L'étude de CGX AERO montre la compatibilité du projet éolien avec la piste de loisirs d'engins ULM dès lors que les avions utilisent le circuit de piste côté sud. Les éoliennes se situent à l'extérieur des trouées de décollage/atterrissage.</b></p> <p>L'aire d'étude de dangers est concernée par une ligne électrique aérienne, gérée par SICAE EST, qui traverse l'aire d'étude de dangers du nord au sud entre les éoliennes E2 et E3, respectivement à 175 m à l'est et 387 m à l'ouest. Il a été considéré un recul minimum d'une longueur de pale augmentée d'une distance de garde de 5 m de part et d'autre des lignes aériennes.</p> <p>La zone d'étude de dangers n'est concernée par aucune canalisation de transport de matières dangereuses. Les aérogénérateurs envisagés ne se situent pas à proximité directe d'un réseau d'assainissement ou d'eau potable connu. Aucun autre ouvrage public (exemple : barrages, digues, château d'eau, bassins de rétention...) n'est présent sur l'aire d'étude.</p> <p>Après consultation de la DGAC, de l'armée de l'air et Météo France il n'a été identifié aucune servitude radioélectrique ou aéronautique sur l'aire d'étude de dangers.</p>
Type environnement humain	Nom du lieu habité et distance à l'éolienne la plus proche											
<b>Habitation isolée la plus proche</b>	Habitation située chemin du Billon, au sud du bourg de Lavoncourt, <b>E3 à 851 m au sud</b>											
<b>Hameau le plus proche</b>	Pontrebeau, <b>E1 à 956 m au nord</b>											
<b>Bourg le plus proche</b>	Tincey-et-Pontrebeau, <b>E3 à environ 1,1 km au nord-ouest</b>											
<b>Zones urbanisables les plus proches</b>	Zone U du PLU de Lavoncourt, située chemin du Billon, <b>E3 à 843 m au sud</b>											

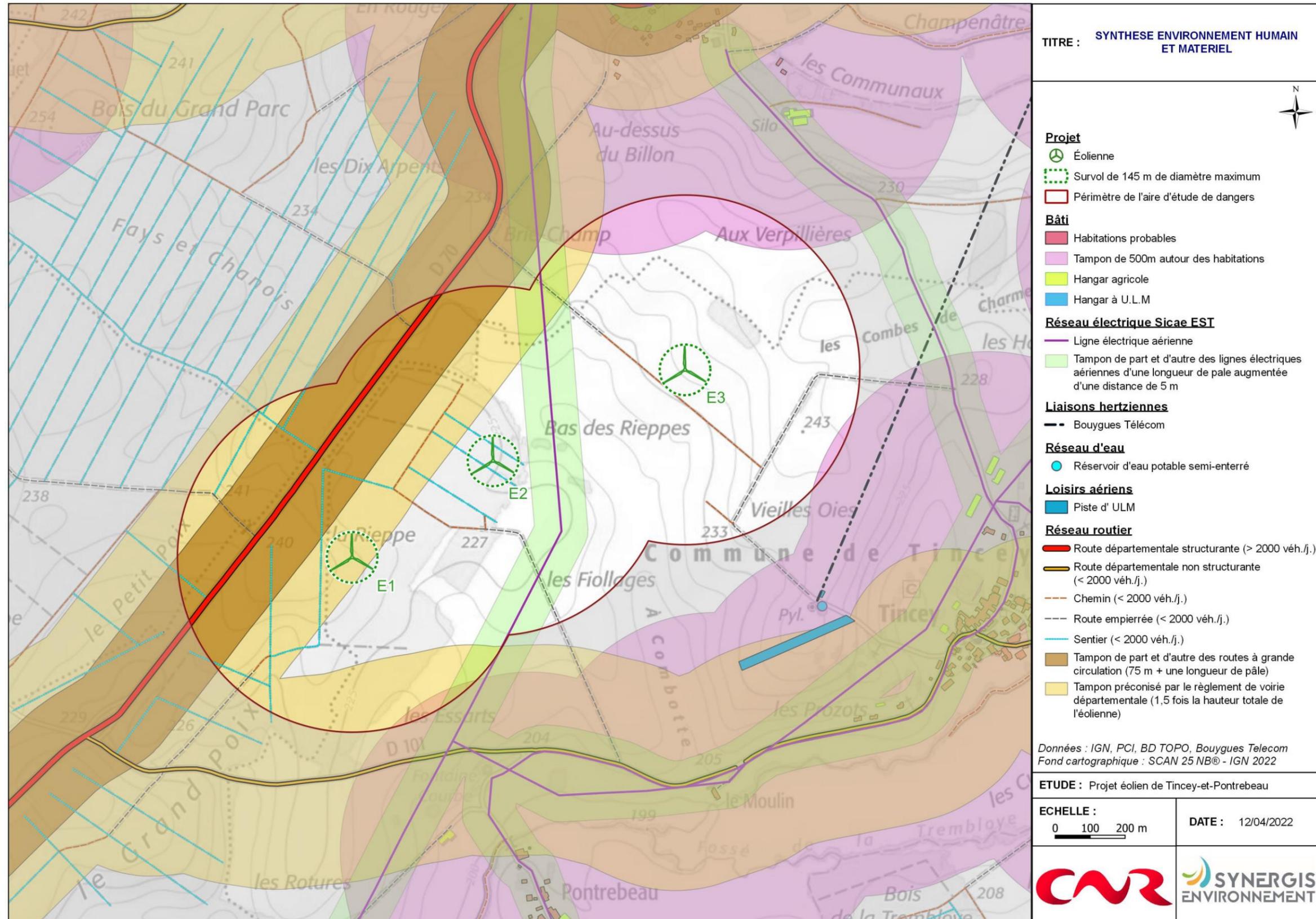


Figure 3 : Synthèse de l'environnement humain et matériel

## IV. DESCRIPTIF DE L'INSTALLATION

### IV.1 Caractéristique de l'installation

Un parc éolien est une centrale électrique, il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes.

Pour ce projet :

- Trois éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme d'exploitation »
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers les postes de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien »)
- Un poste de livraison électrique, servira à concentrer l'électricité des éoliennes et organiser 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 aux postes 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

En outre, chaque aérogénérateur du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau comportera les trois principaux éléments suivants :

- Un rotor, composé de trois pales, réunies au niveau du moyeu
- Un mât composé de tronçons en acier et/ou béton
- Une nacelle, abritant plusieurs éléments fonctionnels :

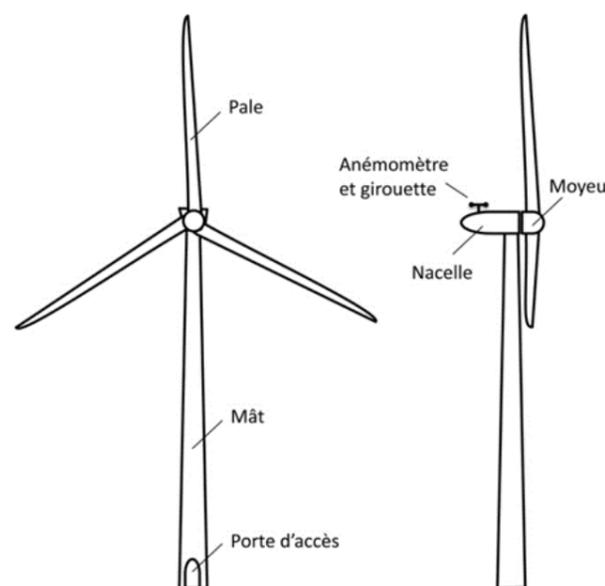


Figure 4 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

Le parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau est composé de 3 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Le choix précis de la machine retenue se fera sur la base d'un appel d'offre constructeur après obtention des demandes d'autorisations.

**L'étude de dangers est réalisée sur la base des valeurs les plus pénalisantes afin de majorer l'exposition aux risques.** Ainsi, une machine virtuelle, combinant les valeurs maximales des éoliennes envisagées, est proposée :

Tableau 2 : Dimensions générales du gabarit fictif maximisant pour les calculs

Eolienne	GABARIT FICTIF MAXIMISANT POUR LES CALCULS DE DANGERS
Hauteur hors-tout	200 m
Diamètre de rotor	145 m
Longueur de pale	71 m
Hauteur de moyeu	137 m
Hauteur de mât (au sens de la réglementation ICPE, tour + nacelle)	141 m
Largeur de base de mât	5,6 m
Largeur max de pale	2,92 m

### IV.2 Fonctionnement de l'installation

#### IV.2.1 Sécurité de l'installation

S'agissant d'une installation classée ICPE, à l'intérieur de laquelle des travaux considérés comme « dangereux » ont lieu de façon périodique, l'exploitant s'assure de la conformité réglementaire de ses installations au regard de la sécurité des travailleurs et de l'environnement.

#### IV.2.2 Opérations de maintenance sur le parc

Le présent dossier envisage l'installation d'éoliennes selon un gabarit maximal de 200 m de hauteur. Le choix d'un modèle d'éolienne n'étant pas à ce jour déterminé, 4 modèles ont été présélectionnés. Quel que soit le constructeur choisi, un programme de maintenance sera mis en place.

En phase exploitation, une maintenance prédictive et préventive des éoliennes sera mise en place. Celle-ci porte essentiellement sur l'analyse des niveaux d'huile, l'analyse vibratoire des éléments en mouvement et l'analyse électrique des éoliennes. La maintenance préventive des éoliennes a pour but de réduire les coûts d'intervention 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. Une première inspection est prévue au bout de 3 mois de fonctionnement des éoliennes. Ces opérations de maintenance courante seront répétées lors de l'inspection après la première année de fonctionnement, puis régulièrement selon le calendrier de maintenance.

Enfin, une maintenance curative est prévue dès lors qu'un défaut a été identifié lors d'une analyse. Les techniciens de maintenance éolienne se chargent alors de réparer et de remettre en fonctionnement les machines lors des pannes et assurent les reconnections aux réseaux. Le mainteneur garde pour objectif de maximiser la disponibilité technique des éoliennes pour permettre la production électrique.

#### IV.2.3 Stockage et flux des produits dangereux

L'ensemble des déchets générés par la maintenance des éoliennes fait l'objet d'une collecte, d'un tri et d'un retraitement dans un centre agréé.

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

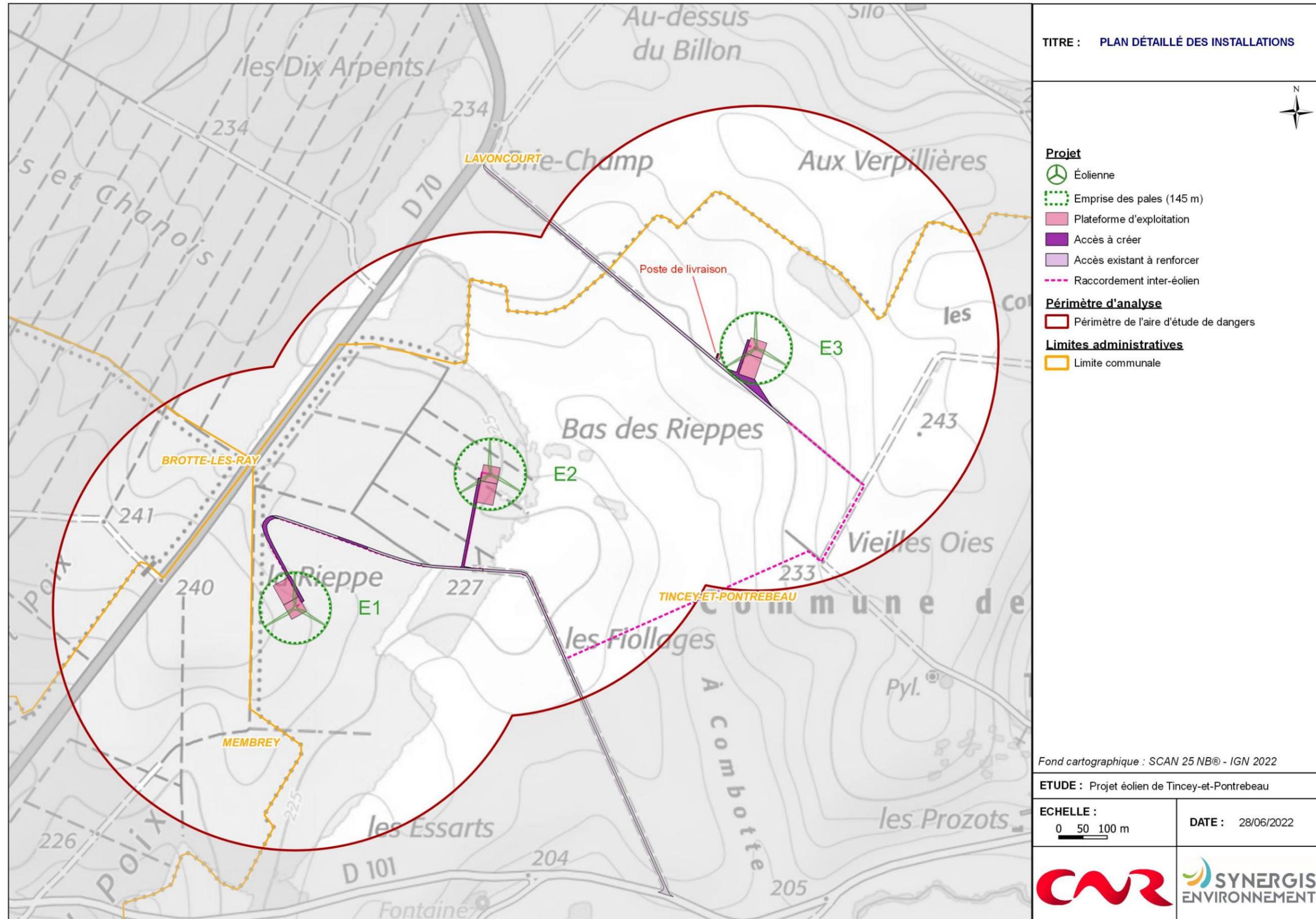


Figure 5 : Plan détaillé des installations

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

### V.1.1 Potentiers de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau sont de cinq types et sont listés dans le tableau suivant :

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

### V.1.2 Réduction des potentiels de dangers à la source

Les choix techniques du projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau ont été orientés de manière de réduire au maximum les dangers. Les thématiques suivantes ont été prises en compte :

- Choix de l'emplacement des installations
- Choix d'un type d'aérogénérateurs adapté au site
- Inventaire des incidents et accidents recensés en France.
- Utilisation des meilleures technologies disponibles.

## VI. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

*Tableau 3: Liste des 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. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.  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.
<b>Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C</b>	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.  Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
<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, sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapproché d'une nappe phréatique.

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

- Effondrement de l'éolienne
- Chute de glace
- Chute d'éléments de l'éolienne
- Projection de pales ou de fragments de pales
- Projection de glace

Ces scénarii ont été étudiés dans l'analyse détaillée des risques afin de vérifier l'acceptabilité des risques potentiels générés par l'installation.

## VII. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

### VII.1 Synthèse de l'étude détaillée des risques

Les tableaux présentés aux pages suivantes récapitulent, pour chaque événement retenu, les paramètres de risques :

- La cinétique ;
- L'intensité ;
- La gravité ;
- La probabilité.

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

Tableau 4 : Les classes de probabilité des scénarii d'accident majeur

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
<b>A</b>	<b>Courant</b>	$P > 10^{-2}$
<b>B</b>	<b>Probable</b>	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
<b>C</b>	<b>Improbable</b>	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
<b>D</b>	<b>Rare</b>	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
<b>E</b>	<b>Extrêmement rare</b>	$\leq 10^{-5}$

Tableau 5 : Les paramètres de risques selon un scénario

Projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau					
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
<b>Effondrement de l'éolienne (1)</b>	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale = <b>200 m</b>	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	<b>Modérée pour les éoliennes E1 à E3</b>
<b>Chute de glace (2)</b>	Zone de survol = <b>72,5 m</b>	Rapide	exposition modérée	A	<b>Modérée pour les éoliennes E1 à E3</b>
<b>Chute d'élément de l'éolienne (3)</b>	Zone de survol = <b>72,5 m</b>	Rapide	exposition modérée	C	<b>Modérée pour les éoliennes E1 à E3</b>
<b>Projection de pale (4)</b>	<b>500 m</b>	Rapide	exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	<b>Sérieux pour les éoliennes E1 et E2 et modérée pour E3</b>
<b>Projection de glace (5)</b>	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne = <b>423 m</b>	Rapide	exposition modérée	B	<b>Modérée pour les éoliennes E1 à E3</b>

### VII.2 Synthèse de l'acceptation 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.

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 précédemment sera utilisée.

Tableau 6 : Matrice de criticité

Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
<b>Désastreux</b>					
<b>Catastrophique</b>					
<b>Important</b>					
<b>Sérieux</b>		(4) E1 et E2			
<b>Modéré</b>		(1) (4) E3	(3)	(5)	(2)

Tableau 7 : Légende de la Matrice de Criticité

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

- (1) Effondrement de l'éolienne  
 (2) Chute de glace  
 (3) Chute d'élément de l'éolienne  
 (4) Projection de pale  
 (5) Projection de glace

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- Aucun accident n'apparaît comme non acceptable.
- L'accident chute de glace apparaît en case jaune. Pour cet accident, il convient de souligner que les fonctions de sécurité sont mises en place.

Aux vues du recensement de l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et début février 2021, il apparaît que le risque est limité et qu'aucune victime n'a été à déplorer jusqu'à présent. Les éoliennes sont aujourd'hui des structures de plus en plus sûres et fiables. Les constructeurs ont su profiter du retour d'expérience pour améliorer leurs technologies et ainsi limiter les risques d'incident et d'accident. Les principaux accidents pris en compte dans l'étude sont résumés dans le tableau ci-dessous.

**Pour l'ensemble des phénomènes étudiés sur le projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau le risque est considéré comme acceptable.**

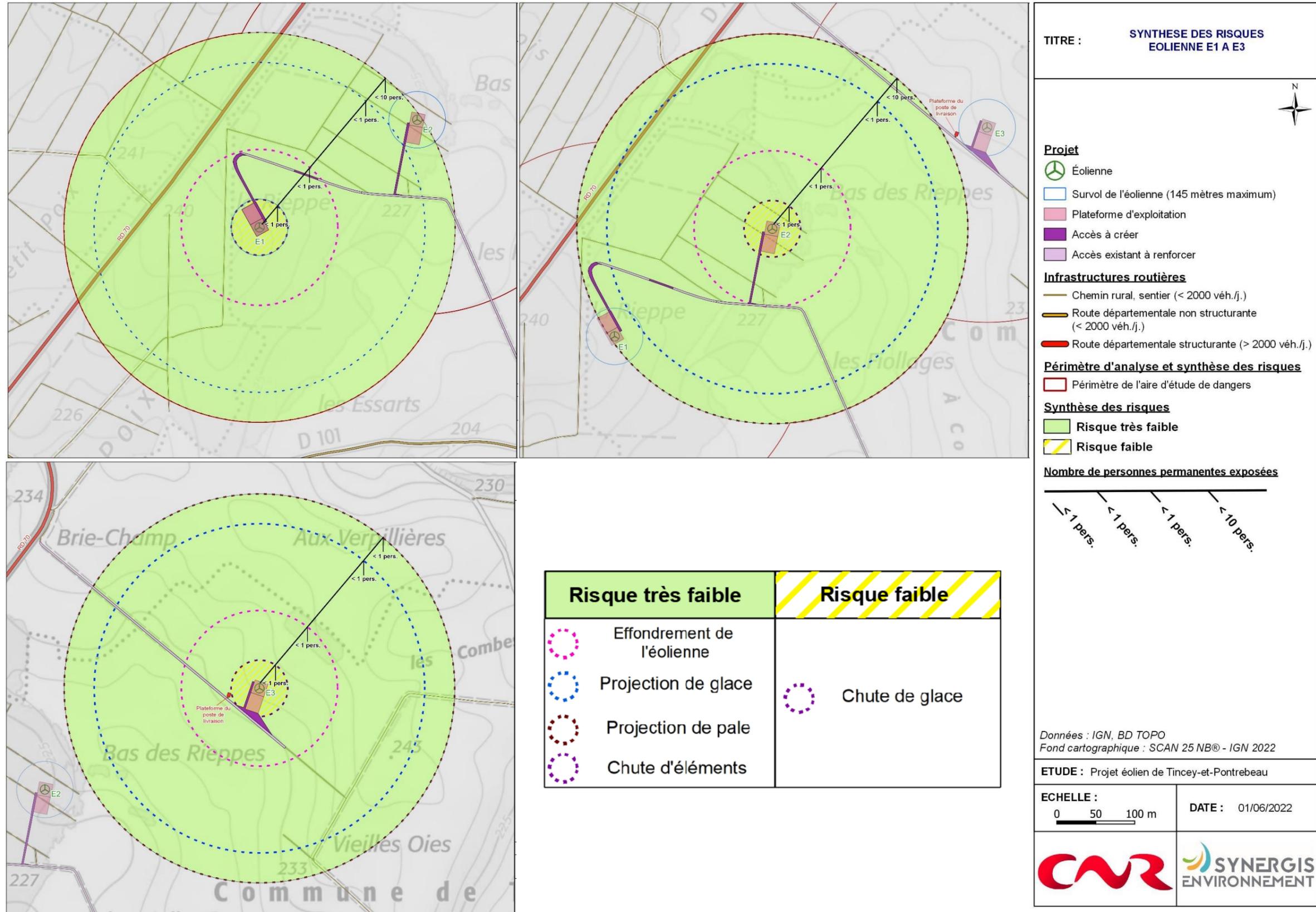


Figure 6 : Synthèse des risques - éoliennes E1 à E3

## VIII. CONCLUSION

Aux vues du recensement de l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et début février 2021, il apparaît que le risque est limité et qu'aucune victime n'a été à déplorer jusqu'à présent. Les éoliennes sont aujourd'hui des structures de plus en plus sûres et fiables. Les constructeurs ont su profiter du retour d'expérience pour améliorer leurs technologies et ainsi limiter les risques d'incident et d'accident.

Les principaux accidents pris en compte dans l'étude sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Scénario	Gravité	Probabilité	Niveau de risque	Acceptabilité
<b>Effondrement de l'éolienne (1)</b>	Modérée	D (pour des éoliennes récentes) <sup>[1]</sup>	Très faible	<b>Acceptable</b>
<b>Chute de glace (2)</b>	Modérée	A	Faible	<b>Acceptable</b>
<b>Chute d'élément de l'éolienne (3)</b>	Modérée	C	Très faible	<b>Acceptable</b>
<b>Projection de pale (4)</b>	Sérieux pour les éoliennes E1 et E2, modérée pour l'éolienne E3	D (pour des éoliennes récentes) <sup>[2]</sup>	Très faible	<b>Acceptable</b>
<b>Projection de glace (5)</b>	Modérée	B	Très faible	<b>Acceptable</b>

**Pour l'ensemble des phénomènes étudiés sur le projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau le risque est considéré comme acceptable.**

<sup>[1]</sup> Voir paragraphe VIII.2.1

<sup>[2]</sup> Voir paragraphe VIII.2.4





**Objet du dossier :**

Projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau  
Commune de Tincey-et-Pontrebeau  
(70)

**Contact :**

Amélie RAVIER  
CNR  
2, rue André Bonin  
69004 LYON

# PIECE N°5



## PROJET ÉOLIEN DE TINCEY-ET-PONTREBEAU COMMUNE DE TINCEY-ET-PONTREBEAU (70)

### ÉTUDE DE DANGERS

RUBRIQUE DES ACTIVITÉS SOUMISES À AUTORISATION AU TITRE DE LA NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT : 2980

ETUDE REALISEE PAR :



13 AVENUE BATAILLON CARMAGNOLE LIBERTE  
69120 VAULX-EN-VELIN  
04 78 52 82 55

AOUT  
2022

**TABLES DES MATIERES**

<b>I. Préambule .....</b>	<b>5</b>	IV.2.2 Sécurité de l'installation.....	29
<b>I.1 Objectifs de l'étude de dangers .....</b>	<b>5</b>	IV.2.3 Opérations de maintenance de l'installation .....	30
<b>I.2 Contexte législatif et réglementaire .....</b>	<b>6</b>	IV.2.4 Stockage et flux de produits dangereux.....	30
<b>I.3 Nomenclature des installations classées.....</b>	<b>6</b>	<b>IV.3 Fonctionnement des réseaux de l'installation.....</b>	<b>30</b>
<b>II. Informations générales concernant l'installation .....</b>	<b>7</b>	IV.3.1 Raccordement électrique.....	30
<b>II.1 Renseignements administratifs .....</b>	<b>7</b>	IV.3.2 Autres réseaux.....	31
II.1.1 La Compagnie Nationale du Rhône.....	7	<b>V. Identification des potentiels de dangers de l'installation.....</b>	<b>32</b>
II.1.2 Hrafinkel.....	7	<b>V.1 Potentiels de dangers liés aux produits .....</b>	<b>32</b>
<b>II.2 Localisation du site.....</b>	<b>8</b>	<b>V.2 Potentiels des dangers liés au fonctionnement de l'installation.....</b>	<b>32</b>
<b>II.3 Définition de l'aire d'étude.....</b>	<b>8</b>	<b>V.3 Réduction des potentiels de dangers à la source.....</b>	<b>32</b>
<b>III. Description de l'environnement de l'installation .....</b>	<b>11</b>	V.3.1 Principales actions préventives.....	32
<b>III.1 Environnement naturel .....</b>	<b>11</b>	V.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles .....	33
III.1.1 Contexte climatique.....	11	<b>VI. Analyse des retours d'expérience .....</b>	<b>34</b>
III.1.2 Risques naturels.....	13	<b>VI.1 Inventaire des incidents et accidents en France .....</b>	<b>34</b>
<b>III.2 Environnement humain.....</b>	<b>17</b>	<b>VI.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international .....</b>	<b>35</b>
III.2.1 Zones urbanisées .....	17	<b>VI.3 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience .....</b>	<b>36</b>
III.2.2 Etablissements recevant du public (ERP).....	17	VI.3.1 Analyse de l'évolution des accidents en France.....	36
III.2.3 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) .....	17	VI.3.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents .....	36
III.2.4 Tourisme et autres activités.....	17	<b>VI.4 Limites d'utilisation de l'accidentologie.....</b>	<b>36</b>
<b>III.3 Environnement matériel.....</b>	<b>19</b>	<b>VII. Analyse préliminaire des risques.....</b>	<b>37</b>
III.3.1 Voies de communication .....	19	<b>VII.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques .....</b>	<b>37</b>
III.3.2 Réseaux publics et privés.....	21	<b>VII.2 Recensement des événements initiateurs exclues de l'analyse des risques ..</b>	<b>37</b>
III.3.3 Autres ouvrages publics.....	21	<b>VII.3 Recensement des agressions externes potentielles.....</b>	<b>37</b>
<b>III.4 Cartographie de synthèse.....</b>	<b>23</b>	VII.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines.....	37
<b>IV. Description de l'installation.....</b>	<b>25</b>	VII.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels .....	38
<b>IV.1 Caractéristiques de l'installation .....</b>	<b>25</b>	<b>VII.4 Analyse générique des risques liés aux agressions externes potentielles ..</b>	<b>38</b>
IV.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien.....	25	<b>VII.5 Effets dominos.....</b>	<b>41</b>
IV.1.2 Activité de l'installation .....	26	<b>VII.6 Mise en place des mesures de sécurité .....</b>	<b>41</b>
IV.1.3 Composition de l'installation .....	26	<b>VII.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques.....</b>	<b>45</b>
<b>IV.2 Fonctionnement de l'installation.....</b>	<b>29</b>	<b>VIII. Etude détaillée des risques .....</b>	<b>46</b>
IV.2.1 Principe de fonctionnement des aérogénérateurs.....	29	<b>VIII.1 Rappels des définitions.....</b>	<b>46</b>

VIII.1.1 Cinétique .....	46	X.3.5 Scénarii relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06) ...	80
VIII.1.2 Intensité .....	47	X.3.6 Scénarii relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E1 à E3) .....	80
VIII.1.3 Gravité .....	47	<b>X.4 Annexe 4 – Glossaire .....</b>	<b>81</b>
VIII.1.4 Probabilité.....	48	<b>X.5 Annexe 5 – Bibliographie et références utilisées .....</b>	<b>83</b>
<b>VIII.2 Caractérisation des scénarii retenus .....</b>	<b>49</b>	<b>X.6 Annexe 6 – Probabilité d'atteinte et Risque individuel.....</b>	<b>84</b>
VIII.2.1 Effondrement de l'éolienne .....	49	<b>X.7 Annexe 7 – Probabilité d'effondrement de l'éolienne E1 en direction de la RD 70.....</b>	<b>85</b>
VIII.2.2 Chute de glace.....	51	<b>X.8 Annexe 8 – Etude d'impact sur la base ULM à accès privé de Tincey-et-Pontrebeau (LF7025) de l'implantation du projet éolien CNR. ....</b>	<b>86</b>
VIII.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne .....	52		
VIII.2.4 Projection de pales ou de fragments de pales.....	54		
VIII.2.5 Projection de glace.....	56		
<b>VIII.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques.....</b>	<b>58</b>		
VIII.3.1 Tableaux de synthèse des scénarii étudiés.....	58		
VIII.3.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques .....	58		
VIII.3.3 Synthèse des risques au regard de la route départementale D70 .....	59		
<b>VIII.4 Cartographie des risques.....</b>	<b>59</b>		
<b>IX. Conclusion .....</b>	<b>63</b>		
<b>X. Annexes.....</b>	<b>64</b>		
<b>X.1 Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne .....</b>	<b>64</b>		
X.1.1 Terrains non bâtis .....	64		
X.1.2 Voies de circulation.....	64		
X.1.3 Voies de circulation automobiles.....	64		
X.1.4 Voies ferroviaires .....	64		
X.1.5 Voies navigables.....	64		
X.1.6 Chemins et voies piétonnes .....	64		
X.1.7 Logements.....	64		
X.1.8 Etablissements recevant du public (ERP).....	64		
X.1.9 Zones d'activité .....	65		
<b>X.2 Annexe 2 : Tableau de l'accidentologie française .....</b>	<b>66</b>		
<b>X.3 Annexe 3 – Scénarii génériques issus de l'analyse préliminaire des risques... .....</b>	<b>79</b>		
X.3.1 Scénarii relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02) .....	79		
X.3.2 Scénarii relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07).....	79		
X.3.3 Scénarii relatifs aux risques de fuites (F01 à F02).....	80		
X.3.4 Scénarii relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03) .....	80		

## INDEX DES FIGURES

Figure 1: Nomenclature des installations classées.....	6
Figure 2: Répartition du capital de CNR.....	7
Figure 3 : Situation du projet à l'échelle nationale.....	8
Figure 4 : Localisation générale du site.....	9
Figure 5 : Définition de l'aire d'étude de dangers.....	10
Figure 6 : Les zones climatiques en France et la localisation du projet (Source : Météo-France).....	11
Figure 7 : Normales mensuelles des températures minimales et maximales en °C à Besançon (Source : Météo France).....	11
Figure 8 : Hauteur des précipitations (en mm) à Besançon (Source : Météo France).....	11
Figure 9 : Ensoleillement moyen par mois à Besançon en nombre d'heures (Source : Météo France).....	12
Figure 10 : Irradiation solaire globale en France (source : SolarGIS).....	12
Figure 11 : Vitesse moyenne du vent à 100 m (Source : à partir des données Global Wind Atlas-Vortex-WAsP).....	12
Figure 12 : Rose des vents et fréquence par vitesse à 100 m au niveau du projet de Tincey-et-Pontrebeau (Source : GWA, WASP).....	12
Figure 13 : Zonage sismique de la France (Source : BRGM).....	13
Figure 14 : Risques naturels identifiés sur l'aire d'étude de dangers.....	16
Figure 15 : Synthèse environnement humain.....	18
Figure 16 : Vue Google Earth Aménagement circuit de piste (Source : CGX AERO).....	20
Figure 17 : Synthèse environnement humain et matériel.....	22
Figure 18 : Synthèse environnement humain et matériel.....	24
Figure 19 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur.....	25
Figure 20 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne.....	26
Figure 21 : Plan détaillé des installations.....	28
Figure 22 : Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien.....	30
Figure 23 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et décembre 2021.....	34
Figure 24 : Répartition des événements accidentels majeurs dans le monde entre 2000 et juin 2021.....	35
Figure 25: Répartition des causes premières d'effondrement.....	35
Figure 26: Répartition des causes premières de rupture de pale.....	35
Figure 27 : Répartition des causes premières d'incendie.....	35
Figure 28 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et puissance éolienne installée.....	36
Figure 29 : Synthèse des risques éolienne E1.....	60
Figure 30 : Synthèse des risques éolienne E2.....	61
Figure 31 : Synthèse des risques éolienne E3.....	62
Figure 32 : Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic.....	64

## INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1: Identité du porteur de projet.....	7
Tableau 2 : Auteurs de l'étude de danger.....	7
Tableau 3: Recensement des risques naturels par commune (Source : Géorisque).....	13
Tableau 4 : Catastrophes naturelles recensées sur les communes de l'aire d'étude de dangers (source : georisques.gouv.fr).....	13
Tableau 5 : Synthèse des distances aux habitations et zones urbanisées.....	17
Tableau 6 : Fréquentation du périmètre d'étude.....	23
Tableau 7 : Dimensions générales en fonction du modèle d'éolienne.....	26
Tableau 8 : Dimensions générales du gabarit fictif maximisant pour les calculs.....	26
Tableau 9 : Les coordonnées géographiques des différents aérogénérateurs et du poste de livraison.....	27
Tableau 10 : Les éléments d'un parc éolien.....	29
Tableau 11 : Hypothèse de raccordement externe du projet éolien Tincey-et-Pontrebeau.....	31
Tableau 12 : le danger potentiel pour l'installation d'une éolienne.....	32
Tableau 13 : Les principales agressions externes liées aux activités humaines.....	37
Tableau 14 : les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	38
Tableau 15 : Les scénarii d'accidents pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes.....	39
Tableau 16 : Synthèse des fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc.....	42
Tableau 17 : les scénarii exclus de l'étude détaillée.....	45
Tableau 18 : Dimensions de l'éolienne fictive utilisées pour les calculs de l'étude de dangers.....	46
Tableau 19: référence pour le degré d'exposition.....	47
Tableau 20 : Les seuils de gravité en fonction du nombre de personnes dans chacune des zones d'effet.....	47
Tableau 21 : Les classes de probabilité des scénarii d'accident majeur.....	48
Tableau 22 : L'impact de l'effondrement de l'éolienne.....	49
Tableau 23 : Hypothèses de calcul pour le risque effondrement.....	49
Tableau 24 : Nombre de personnes exposées au phénomène d'effondrement par zone d'effet.....	49
Tableau 25 : Les classes de probabilité utilisées dans les études de danger.....	50
Tableau 26 : Gravité et niveau de risque de l'effondrement de chaque aérogénérateur.....	50
Tableau 27 : L'impact lors de chute de glace.....	51
Tableau 28 : Hypothèses de calcul pour le risque chute de glace.....	51
Tableau 29 : Nombre de personnes exposées au phénomène de chute de glace.....	52
Tableau 30 : Gravité et niveau de risque en cas de chute de glace pour chaque aérogénérateur.....	52
Tableau 31 : impact en cas de chute d'éléments de l'éolienne.....	52
Tableau 32 : Hypothèses de calcul pour le risque chute d'éléments.....	53
Tableau 33 : Nombre de personnes exposées au phénomène chute d'éléments de l'éolienne.....	53
Tableau 34 : Gravité et niveau de risque de chute d'éléments de l'éolienne pour chaque aérogénérateur.....	53
Tableau 35 : L'impact de projection de pale ou fragment de pale.....	54
Tableau 36 : Hypothèses de calcul pour le risque projection de pale.....	54
Tableau 37 : Nombre de personnes exposées au phénomène de projection de pale ou fragment de pale.....	54
Tableau 38 : Calcul de probabilité pour une rupture de tout ou partie de pale.....	55
Tableau 39 : Gravité et niveau de risque en cas de projection de pale ou fragment de pale.....	55
Tableau 40 : L'impact de projection de morceaux de glace.....	56
Tableau 41 : Hypothèses de calcul pour le risque projection de glace.....	56
Tableau 42 : Nombre de personnes exposées au phénomène de projection de morceaux de glace.....	56
Tableau 43 : Gravité et niveau de risque en cas de projection de morceaux de glace.....	57
Tableau 44 : Paramètres de risques pour le projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau.....	58
Tableau 45 : Matrice de criticité.....	58
Tableau 46: Légende de la matrice de criticité.....	58
Tableau 47 : L'ensemble des accidents et incidents connus en France entre 2000 et juillet 2019.....	66
Tableau 48 : Les probabilités d'atteinte en fonction d'événement redouté.....	84

## I. PREAMBULE

L'étude de dangers est une analyse scientifique et technique permettant d'appréhender au mieux l'ensemble des risques auxquels se trouvent exposés, lors d'un accident d'origine interne ou externe, les personnes et les biens situés à l'intérieur ou à proximité d'une installation, ainsi que les dommages qui en résultent pour l'environnement. L'étude de dangers identifie les sources de dangers et expose les scénarios d'accidents potentiels. Elle présente ensuite une analyse des mesures propres à réduire la probabilité et les conséquences de ces accidents. L'article D181-15-2 du code de l'environnement prévoit le contenu de l'étude de dangers.

### I.1 Objectifs de l'étude de dangers

**La présente étude de dangers a pour objectif de démontrer, dans le cadre d'un projet de parc éolien, la maîtrise du risque par l'exploitant du parc.**

S'agissant du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau, l'étude rendra compte de l'examen effectué par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc, 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.

L'étude de dangers est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau.

Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptées à la nature et à la complexité des installations et de leurs risques.

Ainsi, l'étude comporte une analyse des risques présentant les différents scénarii d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarii 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 ainsi que de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Enfin, elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau, qui réduisent le risque, à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes, à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

L'étude de dangers 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 d'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.

## I.2 Contexte législatif et réglementaire

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du code de l'environnement relative à la demande d'autorisation environnementale. Selon l'article D181-15-2, « *l'étude de dangers justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation* ».

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 fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarii 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.

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 la vulnérabilité des intérêts mentionnés à l'article L. 181-3. Selon l'article D181-15-2, l'étude de dangers précise la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. Elle doit également comporter, notamment, un résumé non technique explicitant la probabilité et la cinétique des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie agrégée par type d'effet des zones de risques significatifs.

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

## I.3 Nomenclature des installations classées

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

Numéro	Désignation de la rubrique	A, E, D, S, C (1)	Rayon (2)
2980	<b>Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :</b>		-
	<b>1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 50 m :</b>	----- A	6
	<b>2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 12 m, lorsque la puissance totale installée est :</b>		
	a) Supérieure ou égale à 20 MW	----- A	6
	b) Inférieure à 20 MW	----- D	-

(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.

Figure 1: Nomenclature des installations classées

Le parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m (3 aérogénérateurs d'une hauteur de mât augmentée de la nacelle de 141 m 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.

## II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### II.1 Renseignements administratifs

Le projet de parc éolien est porté par la société « Parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau », maître d'Ouvrage et futur exploitant de cette installation.

La société de projet « Parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau » est une Société par Actions Simplifiées (SAS). Elle a été créée en avril 2022 dans le but de porter le développement, la construction et l'exploitation d'un projet éolien sur la commune de Tincey-et-Pontrebeau (département de la Haute-Saône).

Ce projet associe en partenariat la Compagnie Nationale du Rhône (CNR), via sa filiale CN'AIR dédiée au développement des énergies renouvelables, et Hrafinkel SARL, entreprise locale spécialisée dans l'éolien.

La répartition du capital de la société est la suivante :

- 50 % CN'AIR ;
- 50 % Hrafinkel.

Tableau 1: Identité du porteur de projet

Société	Parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau
Forme juridique	Société par actions simplifiée
Capital social	10 000 €
Numéro d'immatriculation	912 853 124 RCS Lyon
SIREN	912 853 124
Siège social	2 RUE ANDRE BONIN 69004 LYON
Activités principales	Production d'électricité renouvelable
Président	CNR - Julien Marchal

Les personnes ayant réalisé l'étude de dangers sont les suivantes :

Tableau 2 : Auteurs de l'étude de danger

Rédacteur	Léo DESFORET (Synergis Environnement)
Soutiens techniques à la rédaction	Rémi CANTAGRILL (Synergis Environnement) Nicolas YAKOVLEFF (Synergis Environnement)
Réalisation des éléments cartographiques	Léo DESFORET (Synergis Environnement)

#### II.1.1 La Compagnie Nationale du Rhône

CNR est le 1er producteur français d'électricité 100 % renouvelable, 2<sup>ème</sup> producteur national d'électricité et leader dans la gestion des énergies intermittentes. À l'heure actuelle, les ouvrages de la Compagnie Nationale du Rhône présentent une puissance totale installée de 3980 MW dont :

- 3 104 MW hydrauliques, représentant 20 centrales hydroélectriques dont Chancy Pougny, 8 petites ou micro centrales hydroélectriques sur le Rhône, 11 petites centrales hydroélectriques hors Rhône et 8 groupes de restitution aux barrages ;
- 720 MW éoliens, représentant 57 parcs ;
- 156 MWc photovoltaïques, représentant 49 centrales.

Société anonyme d'intérêt général administrée par un Directoire et un Conseil de Surveillance, le capital de CNR est composé d'actionnaires majoritairement publics et d'un actionnaire industriel de référence privé, le groupe ENGIE. Son capital se répartit de la façon suivante :

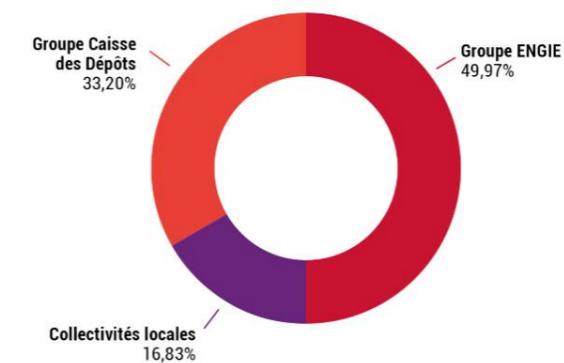


Figure 2: Répartition du capital de CNR

CN'AIR, filiale de CNR à 100%, a été créée pour le développement, l'investissement, la construction et l'exploitation des nouveaux moyens de production d'électricité renouvelable de CNR : parcs éoliens, parcs photovoltaïques et petites centrales hydroélectriques.

CN'AIR a ainsi développé beaucoup d'expérience dans le développement, la construction et l'exploitation de parcs éoliens avec à ce jour 57 parcs en exploitation.

#### II.1.2 Hrafinkel

Hrafinkel est une entreprise créée en 1999 et dont le siège se trouve à Pressigny en Haute-Marne. Elle est experte en éolien et spécialisée dans le domaine des mesures et de l'expertise de vent. Les mesures de vent sont réalisées avec des stations d'anémométrie à coupelles, par profileur des vents acoustiques (SODAR) et par profileur laser-optique (LIDAR). Des estimations de productible ont été effectuées pour un portefeuille de plus de 500 MW et des due diligences pour plus de 1000 MW, réalisées pour des clients du secteur privé et public dans une dizaine de pays européens.

Hrafinkel développe des projets éoliens en France, en Grèce, et en Ukraine. L'activité développement inclut l'initiation de projets, les pré-études, la concertation avec les communes et services administratifs, la maîtrise foncière, la cartographie, la projection d'ombres, les photomontages et l'impact visuel ainsi que l'impact acoustique.

## II.2 Localisation du site

Le projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau se localise sur la commune éponyme, au nord-ouest du territoire communal, dans le département de la Haute-Saône (70), en Bourgogne-Franche-Comté. Le projet s'implante dans l'unité paysagère des plateaux calcaires de l'ouest, à proximité de la vallée de la Saône à 25 km à l'ouest de Vesoul et à 23 km au nord-est de Gray.

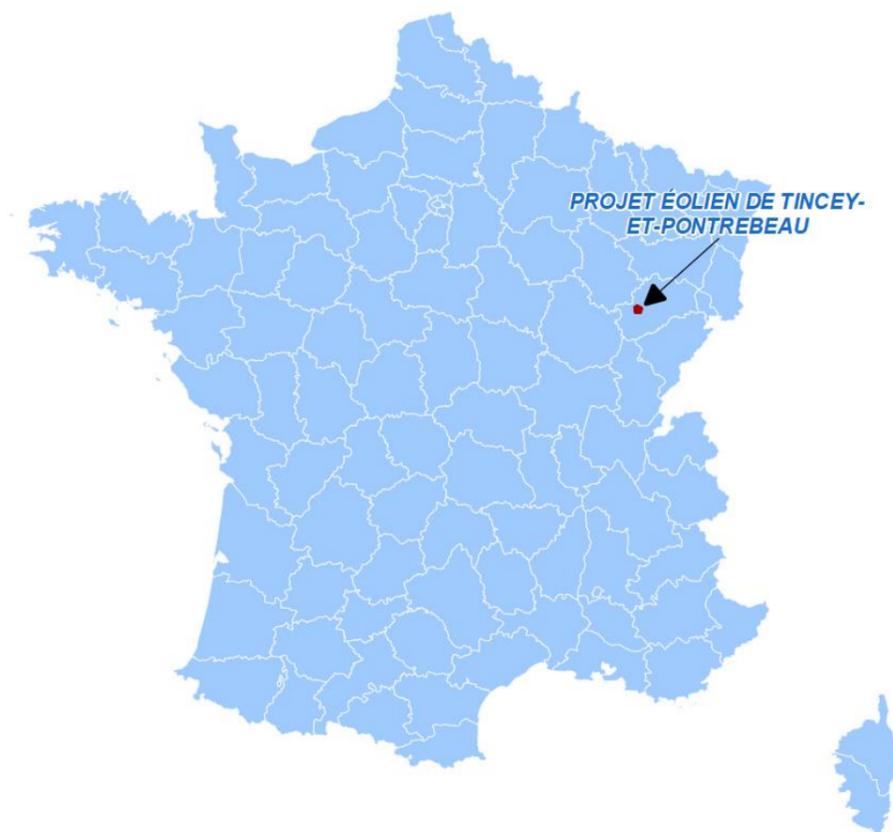


Figure 3 : Situation du projet à l'échelle nationale

La carte suivante localise le projet à l'échelle des communes concernées par l'aire d'étude de dangers.

## II.3 Définition de l'aire d'étude

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection.

L'aire d'étude globale des dangers regroupe le territoire de 4 communes :

- **Tincey-et-Pontrebeau ;**
- **Membrey ;**
- **Brotte-lès-Ray ;**
- **Lavoncourt.**

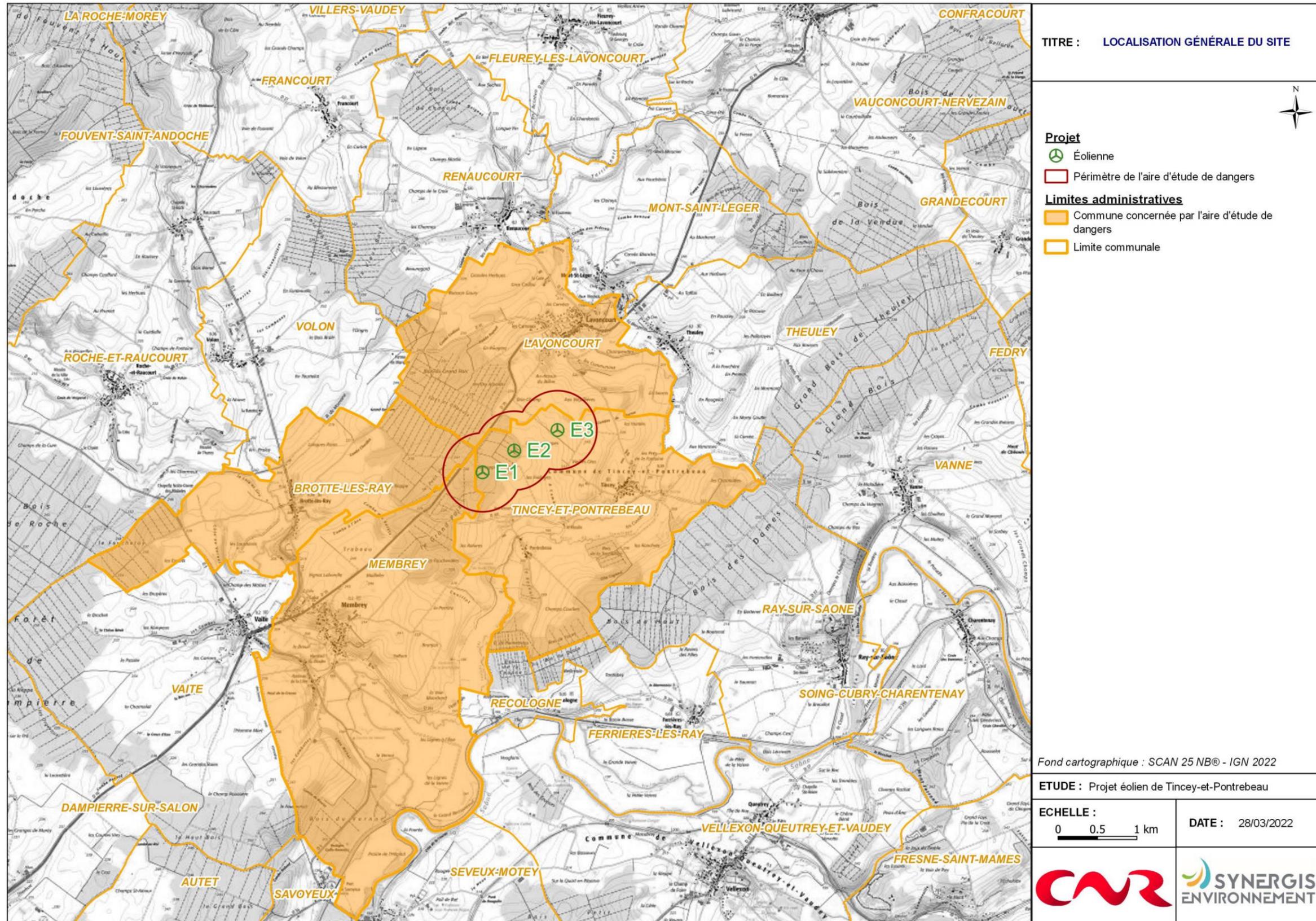


Figure 4 : Localisation générale du site

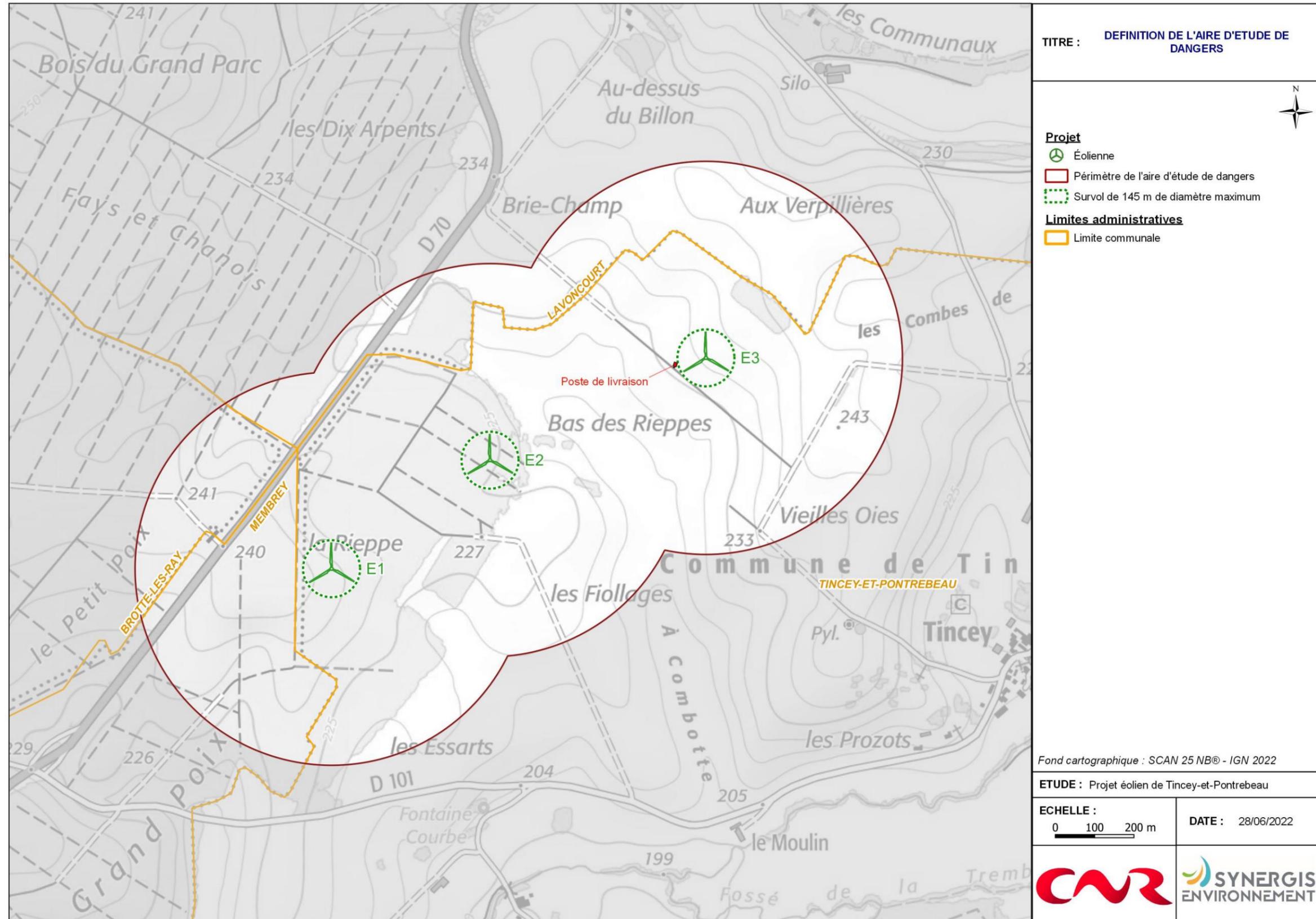


Figure 5 : Définition de l'aire d'étude de dangers

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

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone d'étude de l'installation, afin d'identifier les principaux intérêts à protéger (enjeux) et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels). En conclusion de ce chapitre, une cartographie de synthèse permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans la zone d'étude (nombre de personnes exposées par secteur (champs, routes, habitations...) et localisation des biens, infrastructures et autres établissements).

#### III.1 Environnement naturel

##### III.1.1 Contexte climatique

L'aire d'étude de dangers du projet se trouve au sein d'une zone de climat semi-continentale. Les étés y sont chauds et les hivers rudes, avec un grand nombre de neige et de gel. La pluviométrie annuelle y est particulièrement élevée, et les étés sont souvent à caractère orageux, apportant des pluies importantes. Le cumul des précipitations est variable et aléatoire dans l'ancienne région Franche-Comté, en raison des nombreux reliefs environnants. Il s'agit d'un climat semi-continentale humide dans les plaines et les vallées. Les massifs des Vosges et du Jura façonnent les lignes directrices de la météorologie de la région. Ces secteurs montagnards forment des barrières empêchant les masses d'air arrivant de l'ouest de continuer vers la Suisse.

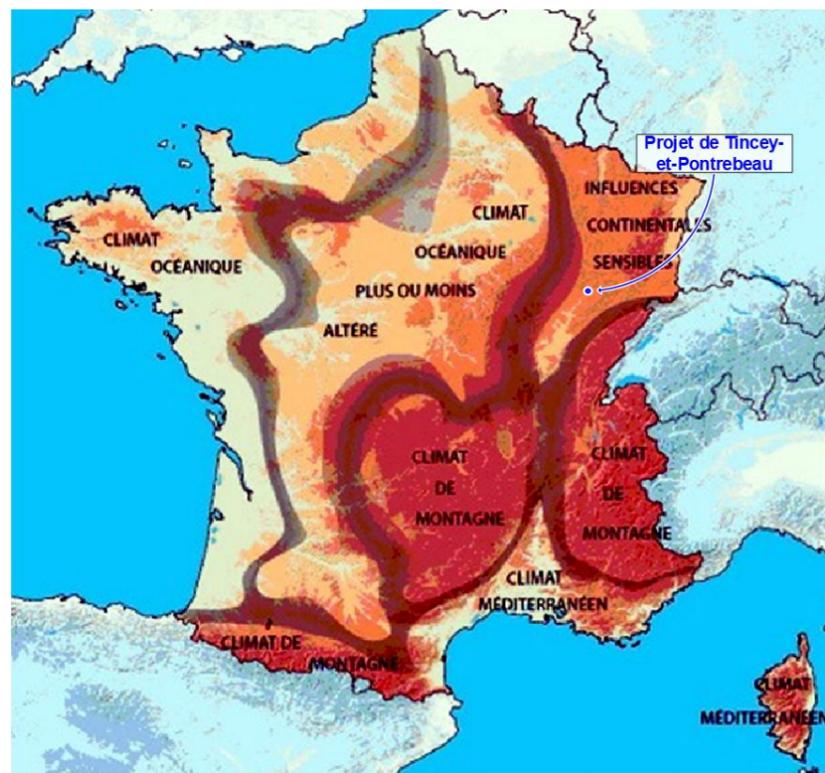


Figure 6 : Les zones climatiques en France et la localisation du projet (Source : Météo-France)

Les données présentées ci-dessous proviennent de la station météorologique la plus proche du site étudié et disposant de conditions climatiques similaires, celle de Besançon (25) à environ 40 km au sud-est, au niveau de l'aéroport de Besançon-Maisons.

##### III.1.1.1 Températures

L'histogramme suivant indique les normales mensuelles de températures à Besançon pour la période 1981-2010. Il indique les mesures de la température minimale et maximale, relevées mois par mois, pour la période 1981-2010. Les mois les plus chauds sont juillet et août, alors que janvier et février sont les mois les plus froids. L'amplitude thermique, différence entre la moyenne minimale (6,1°C) et la moyenne maximale (13,4°C), est modérée.

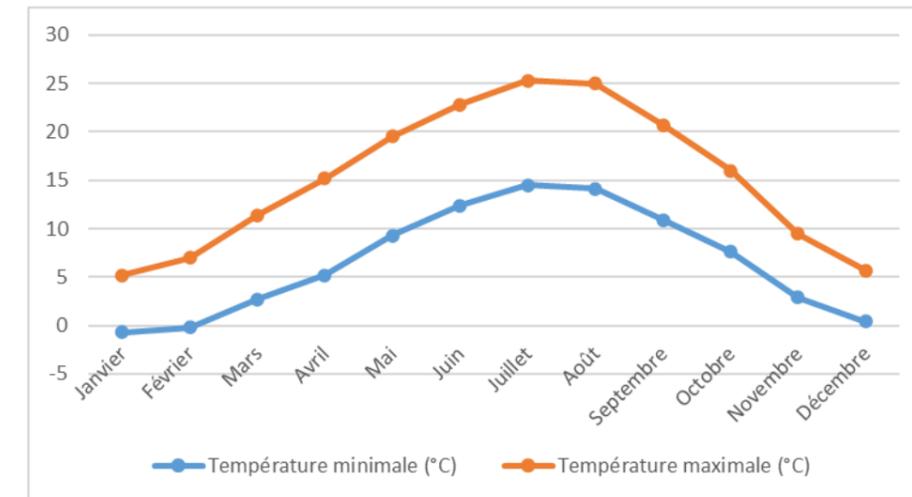


Figure 7 : Normales mensuelles des températures minimales et maximales en °C à Besançon (Source : Météo France)

##### III.1.1.2 Précipitations, neiges et orages

D'après Météo France, le département de la Haute-Saône a connu 972 millimètres de pluie en 2019. Le département se situe à la position n°16 du classement des départements les plus pluvieux. Au niveau de la station météorologique de Besançon, la pluviométrie est relativement bien répartie au long de l'année, avec cependant une accentuation à l'automne. L'histogramme suivant indique les hauteurs de précipitations mensuelles à Besançon pour la période 1981-2010. Sur cette période, la hauteur moyenne annuelle est de 1 187 millimètres.

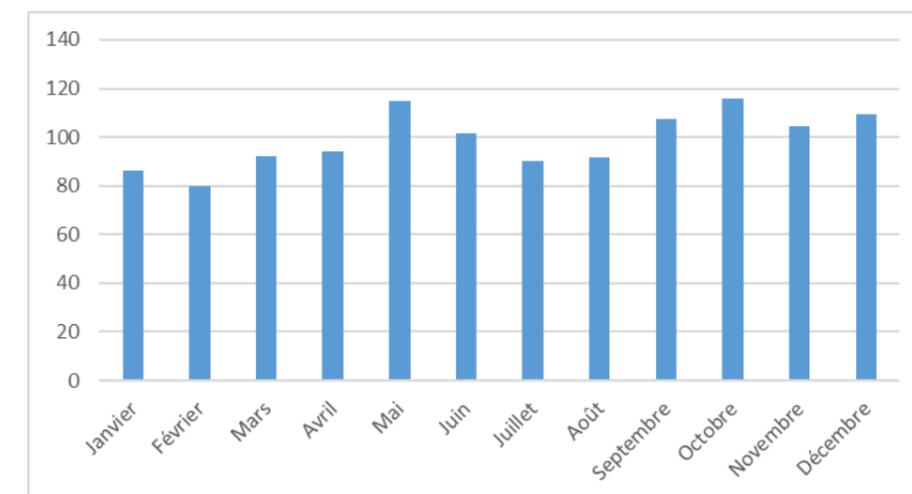


Figure 8 : Hauteur des précipitations (en mm) à Besançon (Source : Météo France)

### III.1.1.3 Ensoleillement

D'après Météo France, le département de la Haute-Saône a connu 2 090 heures d'ensoleillement en 2019. Le département se situe à la position n°48 du classement des départements français les plus ensoleillés. Au niveau de la station de Besançon (située dans le département du Doubs), l'ensoleillement est similaire à celui du département de la Haute-Saône : la station a enregistré environ 2 055 h de soleil en 2019. L'ensoleillement moyen entre 1991 et 2010 sur cette station est d'environ 1 836 h par an.

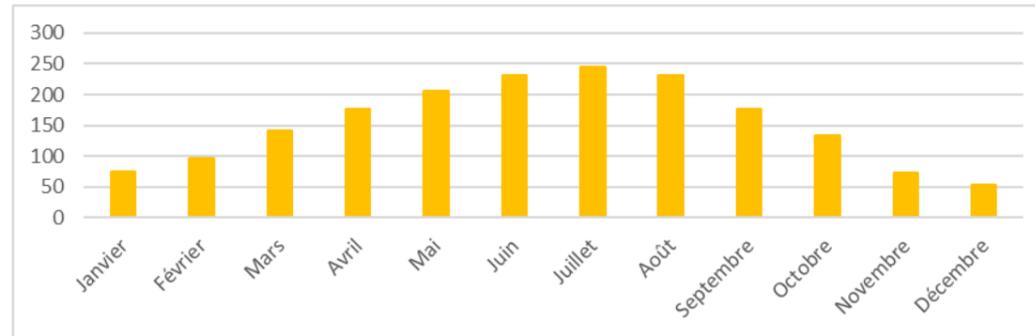


Figure 9 : Ensoleillement moyen par mois à Besançon en nombre d'heures (Source : Météo France)

D'après le site SolarGIS, l'aire d'étude de dangers connaît une irradiation globale horizontale d'environ 1 230 kWh/m<sup>2</sup>.

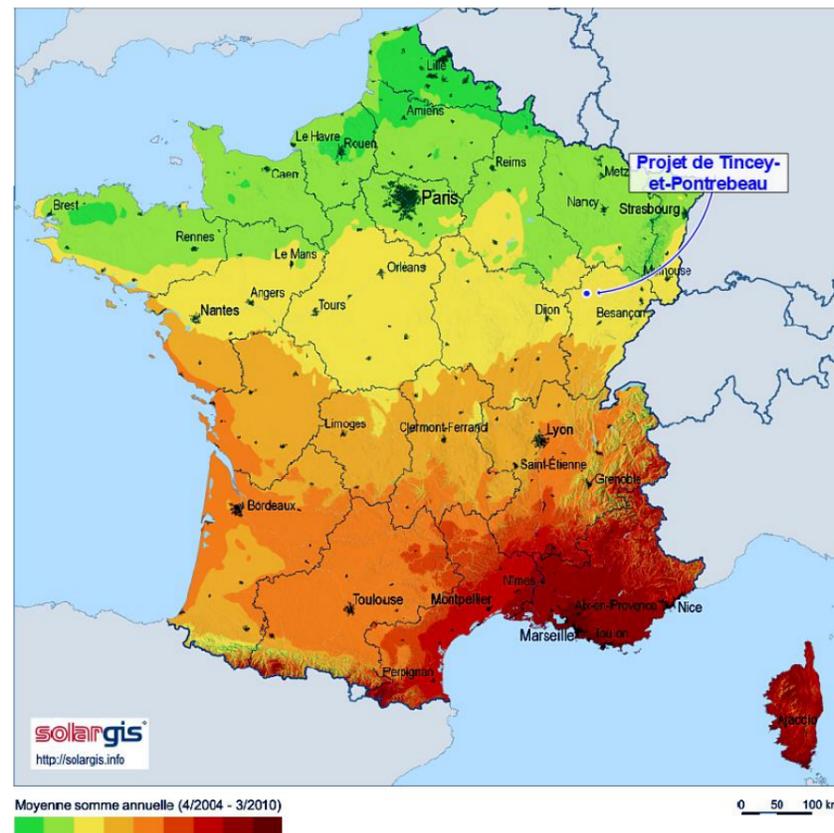


Figure 10 : Irradiation solaire globale en France (source : SolarGIS)

### III.1.1.4 Régime des vents

Les données du Global Wind Atlas utilisent un modèle de réduction d'échelle : les données d'entrée sont des données réelles climatiques du ECMWF (Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme), répertoriées dans la base ERA5 (base de données climatiques mise à disposition par le programme d'observation de la Terre de l'Union européenne, Copernicus). Les données mesurées utilisées s'étalent sur une période de 2008 à 2017. Une extrapolation est alors faite en simulant le gisement éolien à une échelle plus fine, par pixel de 250 m de côté. La simulation à cette échelle locale, faite avec le programme WAsP, tient compte des conditions physiques locales.

D'après les données de 2008 à 2017, la vitesse moyenne du vent au niveau du projet varie de 5,8 à 6,1 m/s à 100 m au-dessus du sol.

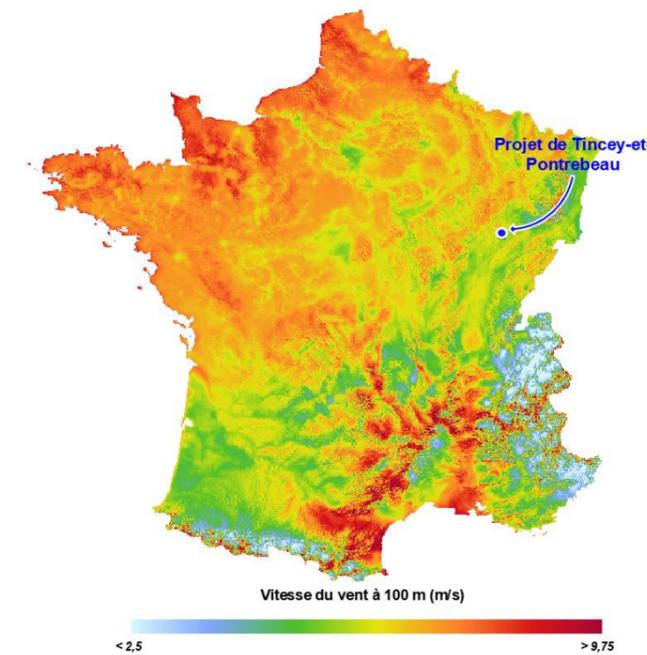


Figure 11 : Vitesse moyenne du vent à 100 m (Source : à partir des données Global Wind Atlas-Vortex-WAsP)

L'aire d'étude de dangers se trouve dans une zone modérément ventée. Sur ce secteur, les vents proviennent de plusieurs directions :

- **Sud-Ouest** : ce sont les vents les plus fréquents. Ils proviennent de l'Océan Atlantique. Ils amènent les précipitations et la douceur sur la côte Atlantique.
- **Nord-Est** : ces vents de type onshore sont moins fréquents. Ils proviennent des zones polaires et sibériennes amenant ainsi un air sec et froid. On les rencontre plus couramment en hiver et ils peuvent parfois dépasser les 8 m/s.

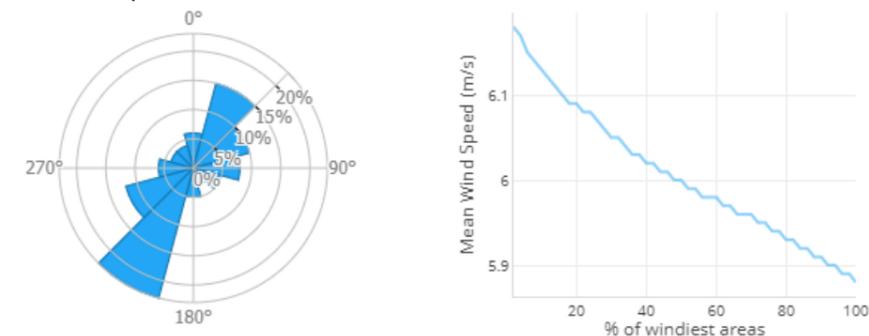


Figure 12 : Rose des vents et fréquence par vitesse à 100 m au niveau du projet de Tincey-et-Pontrebeau (Source : GWA, WAsP)

### III.1.2 Risques naturels

Tableau 3: Recensement des risques naturels par commune (Source : Géorisque)

Commune	Sismicité	Inondation	Mouvements de terrain (MVT), cavités souterraines (CAV)	Retrait-gonflement des argiles
Tincey-et-Pontrebeau	Faible	Inondations par débordement de nappe et inondations de cave	Néant	Faible à moyen
Brotte-lès-Ray			Néant	
Membrey			1 éboulement et une érosion des berges à l'ouest du territoire communal	
Lavoncourt			1 cavité souterraine au nord du territoire communal	

Tableau 4 : Catastrophes naturelles recensées sur les communes de l'aire d'étude de dangers (source : georisques.gouv.fr)

Commune	Type	Nombre d'arrêtés	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du	Code national CATNAT
Tincey-et-Pontrebeau	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	1	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999	70PREF19990478
	Inondations, coulées de boue	4	11/07/1984	11/07/1984	11/01/1985	26/01/1985	70PREF19850031
			08/12/1982	31/12/1982	11/01/1983	13/01/1983	70PREF20171601
			09/11/1982	09/11/1982	24/12/1982	26/12/1982	70PREF19820937
			14/10/1982	14/10/1982	24/12/1982	26/12/1982	70PREF19820936
Brotte-lès-Ray	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	1	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999	70PREF19990105
	Inondations, coulées de boue	4	11/07/1984	11/07/1984	11/01/1985	26/01/1985	70PREF19850009
			08/12/1982	31/12/1982	11/01/1983	13/01/1983	70PREF20171228
			09/11/1982	09/11/1982	24/12/1982	26/12/1982	70PREF19820191
			14/10/1982	14/10/1982	24/12/1982	26/12/1982	70PREF19820190
Membrey	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	1	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999	70PREF19990329
	Inondations, coulées de boue	4	11/07/1984	11/07/1984	11/01/1985	26/01/1985	70PREF19850020
			08/12/1982	31/12/1982	11/01/1983	13/01/1983	70PREF20171452
			09/11/1982	09/11/1982	24/12/1982	26/12/1982	70PREF19820639
			14/10/1982	14/10/1982	24/12/1982	26/12/1982	70PREF19820638
Lavoncourt	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	1	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999	70PREF19990290
	Inondations, coulées de boue	6	11/03/2018	12/03/2018	09/07/2018	27/07/2018	70PREF20180033
			10/11/1996	15/11/1996	11/02/1997	23/02/1997	70PREF19970012
			11/07/1984	11/07/1984	11/01/1985	26/01/1985	70PREF19850018
			08/12/1982	31/12/1982	11/01/1983	13/01/1983	70PREF20171413
			09/11/1982	09/11/1982	24/12/1982	26/12/1982	70PREF19820561
			14/10/1982	14/10/1982	24/12/1982	26/12/1982	70PREF19820560

### III.1.2.1 Sismicité

Concernant le risque de séisme, le décret du 22 octobre 2010 a introduit le nouveau zonage sismique de la France.

L'article R.563-4 du code de l'environnement est donc modifié et stipule désormais que pour l'application des mesures de prévention du risque sismique aux bâtiments, équipements et installations de la classe dite « à risque normal », le territoire est divisé en cinq zones de sismicité croissante :

- Sismicité 1 (très faible) ;
- Sismicité 2 (faible) ;
- Sismicité 3 (modérée) ;
- Sismicité 4 (moyenne) ;
- Sismicité 5 (forte).

Selon les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010, les communes de l'aire d'étude de dangers sont classées en zone de sismicité **faible**.

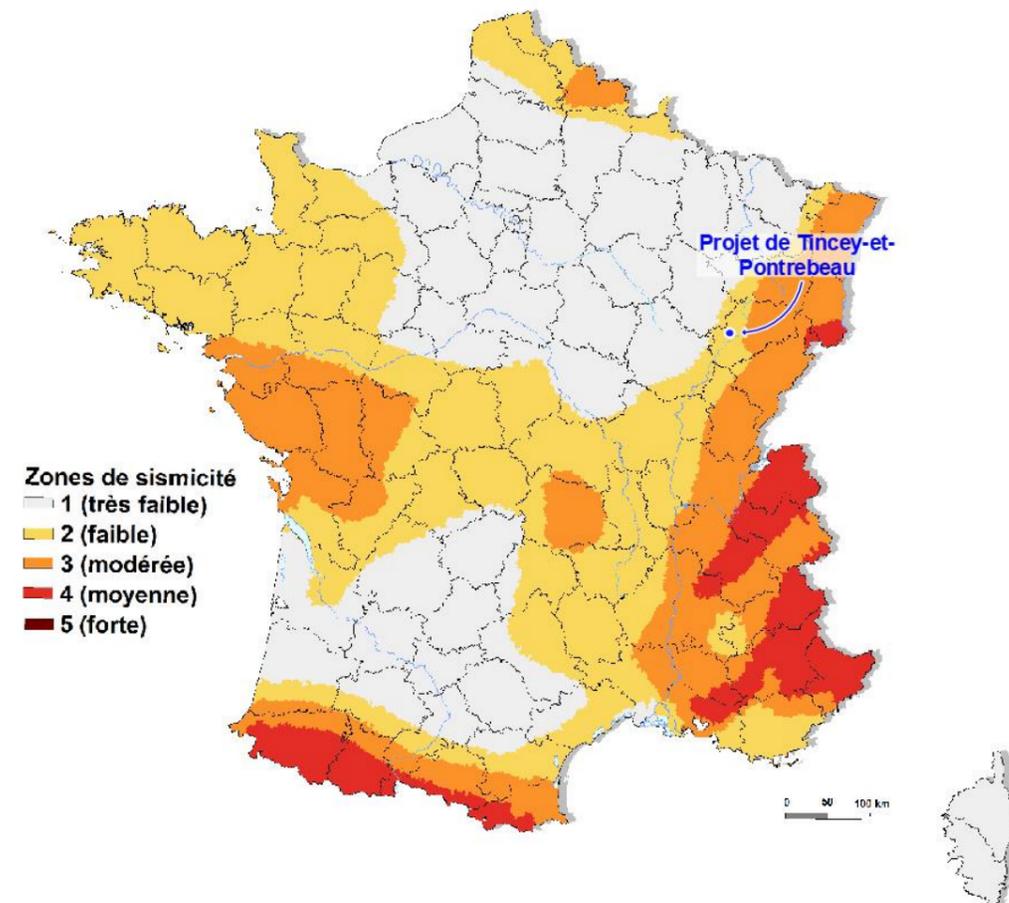


Figure 13 : Zonage sismique de la France (Source : BRGM)

Dans le cadre de la prévention des différents aléas techniques susceptibles d'être rencontrés dans la réalisation des ouvrages, les opérations de construction ayant pour objet la réalisation d'éoliennes dont la hauteur de mât est supérieure à 12 mètres ainsi que les bâtiments techniques de catégorie d'importance III sont obligatoirement soumis au contrôle technique, conformément à l'article R111-38 du code de la construction et de l'habitation.

### III.1.2.2 Mouvements de terrain

Les mouvements de terrain regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les volumes en jeux sont compris entre quelques mètres cubes et quelques millions de mètres cubes. Les déplacements peuvent être lents (quelques millimètres par an) ou très rapides (quelques centaines de mètres par jour). Ce risque peut avoir diverses origines : **mouvements lents et continus** (les tassements et les affaissements de sols, les glissements de terrain le long d'une pente...) ; **mouvements rapides et discontinus** (les effondrements, les écroulements et les chutes de blocs, les coulées boueuses et torrentielles...) et **l'érosion littorale**.

D'après la base de données Géorisques, aucun mouvement de terrain n'a été identifié sur l'aire d'étude de dangers.

**Aucun Plan de Prévention des Risques naturels « Mouvement de terrain » n'est prescrit sur les communes de l'aire d'étude de dangers.**

### III.1.2.3 Cavités souterraines

Les cavités souterraines sont des cavités creusées dans le sous-sol pour permettre l'extraction de matériaux de construction (calcaire, craie, argiles, etc.). Différentes techniques d'extraction ont été utilisées qui ont entraîné des cavités de taille et de géométrie diverses (exploitation en chambres et piliers par exemple). Après l'arrêt de l'exploitation, ces cavités souterraines n'ont pas été remblayées pour des raisons de coût. La dégradation de ces cavités par affaissement ou effondrement, peut causer de graves dommages. Les cavités inventoriées peuvent également avoir une origine naturelle : elles peuvent avoir été formées par dissolution (par circulation d'eau), par suffosion (érosion par circulation d'eau avec entraînement des particules fines), par volcanisme (de type effusif).

Les affaissements sont des dépressions topographiques en forme de cuvette dues aux fléchissements lents et progressifs des terrains de couverture. Les effondrements résultent de la rupture des appuis ou du toit d'une cavité souterraine, rupture qui se propage jusqu'en surface de manière plus ou moins brutale, et qui détermine l'ouverture d'une excavation grossièrement cylindrique.

D'après la base de données Géorisques, **aucune cavité souterraine n'a été identifiée sur l'aire d'étude de dangers.**

**Aucun Plan de Prévention des Risques naturels « cavités souterraines » n'est prescrit sur les communes de l'aire d'étude de dangers.**

### III.1.2.4 Retrait gonflement des argiles

Les phénomènes de retrait-gonflement se manifestent dans les sols argileux et sont liés aux variations en eau du terrain. Lors des périodes de sécheresse, le manque d'eau entraîne un tassement irrégulier du sol en surface : on parle de retrait. À l'inverse, un nouvel apport d'eau dans ces derniers terrains produit un phénomène de gonflement.

Des tassements peuvent également être observés dans d'autres types de sols (tourbe, vase, loess, sables liquéfiables, etc.) lors des variations de leur teneur en eau.

La lenteur et la faible amplitude du phénomène de retrait-gonflement des argiles le rendent sans danger pour l'homme. Néanmoins, l'apparition de tassements différentiels peut avoir des conséquences importantes sur les bâtiments à fondations superficielles et les réseaux, faisant de ce phénomène essentiellement un risque économique.

L'aire d'étude de dangers est entièrement concernée par un aléa moyen concernant le retrait-gonflement des argiles.

**Aucun Plan de Prévention des Risques naturels « Retrait-gonflement des argiles » n'est prescrit sur les communes de l'aire d'étude de dangers.**

### III.1.2.5 Foudre

L'activité orageuse peut être définie selon différents paramètres. Face aux pratiques hétérogènes dans le monde, la commission électrotechnique internationale (IEC) a jugé utile d'établir une norme, publiée en 2015, en vue d'harmoniser celles-ci.

La IEC 62858, déclinée en NF EN 62858 en 2016, vise à établir des règles communes et à déterminer des méthodes fiables pour l'établissement de statistiques de foudroiement.

La densité de points de contact de foudre au sol (Nsg) est ainsi devenue la valeur de référence. Cette entité reproduit le plus fidèlement possible la réalité en termes de foudroiement au sol et est le résultat de travaux et d'évolutions technologiques récentes.

Le risque orageux peut être apprécié de manière plus fine grâce à la densité d'arc (Da) qui est « le nombre de coups de foudre au sol par km<sup>2</sup> et par an ». D'après les données 2010-2019 fournies par le service METEORAGE de Météo-France la densité d'arc dans la Haute-Saône (le nombre d'arcs de foudre au sol par km<sup>2</sup> et par an) est égale à **0,8534 Nsg/km<sup>2</sup>**.

Le département de Haute-Saône possède une densité de foudroiement relativement faible comparé à la moyenne nationale (1,06 Nsg/km<sup>2</sup>).

**Le risque orageux dans le secteur du projet, peut donc être considéré comme relativement faible.**

### III.1.2.6 Incendies

On parle de feu de forêt lorsqu'un feu concerne une surface minimale d'un demi-hectare d'un seul tenant, et qu'une partie au moins des étages arbustifs ou arborés (parties hautes) est détruite. On étend la notion de feu de forêt aux incendies concernant des formations subforestières de petites tailles (le maquis, la garrigue et les landes) et aux formations herbacées (prairies).

Le risque feux d'espace naturel combustible (feux de forêts) ne constitue pas un risque majeur sur le territoire de la Haute-Saône, ce risque n'est pas traité dans le Dossier Départemental sur les Risques Majeurs (DDRM).

L'arrêté du 24/02/2017 approuve le Règlement Départemental de Défense Extérieure Contre l'Incendie (RDDECI), élaboré par le SDIS 70. L'annexe 11 de ce RDDECI identifie les « éoliennes et les postes de livraison situés en parc éolien » comme une « situation exempte de DECI (Défense Extérieure Contre l'Incendie) ».

**Les communes concernées par l'aire d'étude de dangers ne sont pas particulièrement concernées par le risque incendie. Ce territoire n'est pas soumis à l'élaboration d'un plan de protection des forêts contre les incendies.**

### III.1.2.8 Inondations – remontées de nappes

L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors de l'eau. De nombreux facteurs influencent l'apparition d'une crue, d'un ruissellement, d'une remontée de nappe phréatique ou d'une submersion marine à l'origine de l'inondation. Tout d'abord les facteurs naturels, la quantité et surtout la répartition spatiale et temporelle des pluies par rapport au bassin versant, ou des phénomènes météo-marins par rapport à la cellule de submersion sont déterminantes. Puis, les facteurs provoqués directement ou indirectement par l'action de l'homme, tels que l'urbanisation, l'imperméabilisation des sols, les pratiques agricoles, les pompages de nappe phréatique, l'assèchement des marais et des zones humides, la fixation du trait de côte, etc...

Le risque d'inondation est la combinaison :

- De la probabilité d'occurrence d'un phénomène d'inondation sur un territoire donné (l'aléa inondation) ;
- De la présence sur ce territoire d'enjeux qui peuvent en subir les conséquences (population, enjeux économiques, patrimoine culturel et environnemental).

L'aire d'étude de dangers n'est concernée par :

- Aucun Territoire à Risque important d'Inondation (TRI) ;
- Aucun Plan de Prévention des Risques d'inondation (PPRI) ;
- Aucun Programme d'Action et de Prévention des inondations (PAPi) ;
- Aucun Atlas des Zones Inondables (AZI).

L'aire d'étude de dangers est concernée par :

- **le zonage du BRGM des zones potentiellement sujette aux inondations de cave et aux débordements de nappe le long des cours d'eau recensés.** Malgré les diverses comparaisons et corrections apportées, la réalisation de la carte des zones sensibles aux inondations par remontée de nappe reste un exercice délicat qui « *in fine* » comporte de fortes incertitudes. Il ne s'agit que de données théoriques, le BRGM ne garantissant pas ni leur exactitude ni leur exhaustivité (échelle d'utilisation : inférieure au 1/100 000<sup>ème</sup>). Ce zonage ne sera donc pas représenté dans la cartographie ci-dessous.

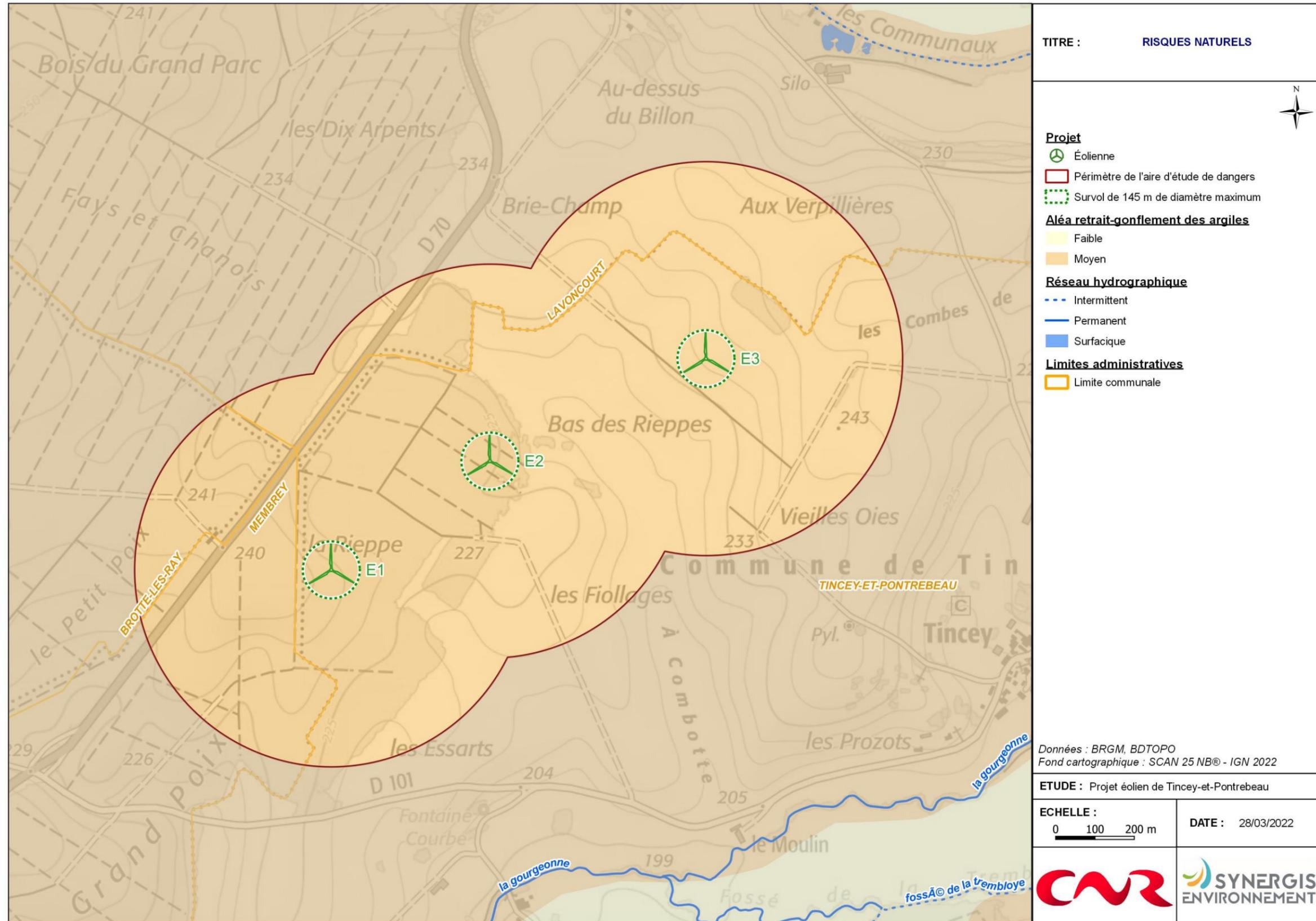


Figure 14 : Risques naturels identifiés sur l'aire d'étude de dangers

## III.2 Environnement humain

### III.2.1 Zones urbanisées

L'étude de dangers s'intéresse aux populations situées dans la zone sur laquelle porte l'étude, et à proximité.

Le périmètre d'étude regroupe les communes de Tincey-et-Pontrebeau, Brotte-lès-Ray, Membrey et Lavoncourt.

La loi du 12 juillet 2010, dite loi « Grenelle II », complétée par l'arrêté du 26 août 2011, impose aux parcs éoliens un éloignement minimal de 500 mètres de toute habitation ou zone destinée à l'habitat.

S'agissant du projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau, l'éolienne la plus proche d'une habitation (E3) est éloignée de 851 mètres de celle-ci. Le périmètre de l'étude de dangers n'est par ailleurs concerné par aucun bureau ni bâtiment agricole.

Le tableau ci-après présente les distances minimales entre les éoliennes du projet de Tincey-et-Pontrebeau et une habitation isolée, un village et une zone urbanisable (au sens du droit de l'urbanisme).

Tableau 5 : Synthèse des distances aux habitations et zones urbanisées

Type environnement humain	Nom du lieu habité et distance à l'éolienne la plus proche
<b>Habitation isolée la plus proche</b>	Habitation située chemin du Billon, au sud du bourg de Lavoncourt, <b>E3 à 851 m au sud</b>
<b>Hameau le plus proche</b>	Pontrebeau, <b>E1 à 956 m au nord</b>
<b>Bourg le plus proche</b>	Tincey-et-Pontrebeau, <b>E3 à environ 1,1 km au nord-ouest</b>
<b>Zones urbanisables les plus proches</b>	Zone U du PLU de Lavoncourt, située chemin du Billon, <b>E3 à 843 m au sud</b>

La carte de l'environnement humain localise les habitations proches du projet. L'éolienne la plus proche d'une habitation est située à une distance de 851 m, soit 351 mètres de plus que la distance minimale d'éloignement de 500 m définie à l'article L.515-44 du code de l'environnement.

### III.2.2 Etablissements recevant du public (ERP)

Selon l'article 123-2 du code de la construction et de l'habitation, « *constituent des établissements recevant du public tous 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. Sont considérées comme faisant partie du public toutes les personnes admises dans l'établissement à quelque titre que ce soit en plus du personnel* ».

Dans les limites de l'aire d'étude de dangers, il n'y a pas d'ERP.

### III.2.3 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

Aucun établissement ICPE ne se trouve au sein de l'aire d'étude de dangers ni à proximité directe.

### III.2.4 Tourisme et autres activités

Aucun chemin de randonnée ne traverse l'aire d'étude de dangers.

Aucun monument historique ni hébergement de tourisme ne concerne l'aire d'étude de dangers.

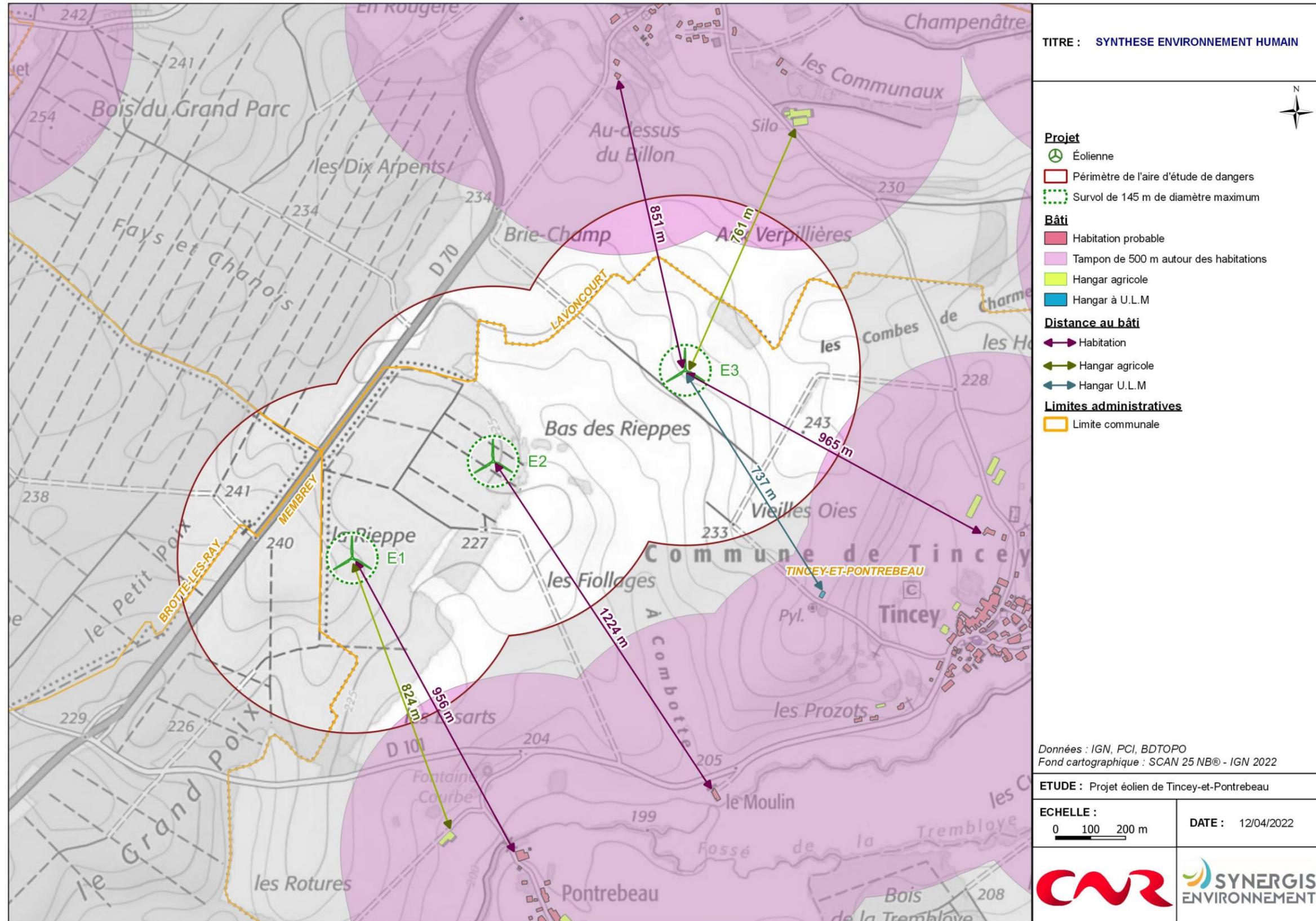


Figure 15 : Synthèse environnement humain

### III.3 Environnement matériel

#### III.3.1 Voies de communication

##### III.3.1.1 Transport routier

L'aire d'étude de dangers est concernée par la route départementale RD 70 qui passe dans le tiers nord-ouest du périmètre, selon un axe nord-est – sud-ouest.

En outre, plusieurs routes communales et chemins ruraux d'exploitation agricole et forestière maillent l'aire d'étude de dangers.

Les voies qui font partie du domaine public départemental sont dénommées routes départementales. D'après le règlement de voirie départementale de Haute-Saône, le réseau départemental est structuré en différentes catégories de voies :

- GLAD : Grande Liaison d'Aménagement du Département ;
- RS1 : Réseau structurant de 1ère catégorie ;
- RS2 : Réseau structurant de 2ème catégorie ;
- RS3 : Réseau structurant de 3ème catégorie ;
- RIL : Réseau d'Intérêt Local.

La route départementale RD 70 est structurante et supporte un trafic moyen journalier de 2 298 véhicules en 2016 (conseil départemental de Haute-Saône, 2018).

L'aire d'étude de dangers est traversée par le réseau routier suivant :

- La route départementale RD 70, à l'ouest, à 247 m au nord-ouest de l'éolienne E1, la route suit un axe sud-ouest / nord-est ;
- Un réseau de route empierrée, de sentier et de chemin pour l'exploitation agricole et sylvicole.

Entre Membrey et Lavoncourt, la **RD 70** est catégorisée **en réseau structurant de 2<sup>ème</sup> catégorie (RS2)**. D'après le décret n°2010-578 du 31 mai 2010 fixant la liste des routes à grande circulation, le tronçon de la RD 70 au sein de l'aire d'étude de dangers, est classée route à grande circulation.

**Les éoliennes respectent la distance de 75 m imposée par la Loi Barnier.** Au sens de l'article R420-1 du Code de l'urbanisme, cette distance est mesurée entre l'axe des voies de communication et la projection verticale du volume de l'éolienne. En conséquence, l'aire décrite par les pales doit être prise en compte et ne pas se trouver en zone constructible.

Le règlement de voirie départementale de Haute-Saône applicable au 15 avril 2011 prévoit que sur l'ensemble du réseau routier départemental, la distance d'implantation d'une éolienne par rapport au bord de chaussée devra être au minimum de 1,5 fois la hauteur totale de l'éolienne (mât + pale à la verticale).

Le projet prévoit l'implantation d'une éolienne (E1) en dessous de la distance préconisée par le règlement départemental de la Haute-Saône. L'éolienne E1 sera implantée à 247 mètres du barreau de la RD 70, cela dans l'objectif de respecter les préconisations de l'ONF, de ne pas implanter une éolienne dans le secteur 4 du Bois des Rieppes. Ce secteur a fait l'objet d'investissements récents avec une plantation de jeunes feuillus.

Toutes les éoliennes seront situées à une distance supérieure à la hauteur hors-tout de 200 m par rapport à la RD 70. Dans le cadre de l'évaluation du site selon la norme FR EN 61400-1 il a été prouvé, entre autres, que le vent cinquantennal à Tincey-et-Pontrebeau est inférieur à la vitesse de vent admissible pour les types d'éoliennes prévus.

Aucune des éoliennes envisagées ne survolera de route départementale.

Cette étude de dangers permet d'évaluer les risques engendrés par le projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau sur les usagers de la RD 70.

##### III.3.1.2 Transport ferroviaire

L'aire d'étude de dangers ne comporte pas de voie ferrée.

##### III.3.1.3 Transport fluvial

Aucune voie navigable ne traverse l'aire d'étude de dangers.

##### III.3.1.4 Transport d'électricité

L'aire d'étude de dangers est concernée par une ligne électrique aérienne, gérée par SICAE EST, qui traverse l'aire d'étude de dangers du nord au sud entre les éoliennes E2 et E3, respectivement à 175 m à l'est et 387 m à l'ouest. Il a été considéré un recul minimum d'une longueur de pale augmentée d'une distance de garde de 5 m de part et d'autre des lignes aériennes.

### III.3.1.5 Transport aérien

Aucun Plan de Servitude Aéronautique (PSA) ne grève l'aire d'étude de dangers. Au plus proche, le PSA associé à l'aérodrome de Gray est situé à 23 km. Les services de la DGAC et de la SDRCAM ont été consultés dans le cadre d'une préconsultation et seront à nouveau consultés au moment de l'instruction du présent projet.

Par courrier en date du 24/06/2020, l'Armée de l'Air n'a émis aucune prescription locale.

Par courrier en date du 08/02/2019, la Direction générale de l'aviation civile (DGAC) n'a formulé aucune objection à l'encontre de ce projet. De même, par courrier en date du 11/02/2022, le Service national d'Ingénierie aéroportuaire Centre et Est informe : « *que le projet n'est affecté d'aucune servitude ou contrainte aéronautique rédhibitoire liée à la proximité immédiate d'un aérodrome civil, à la circulation aérienne ou à la protection d'appareils de radio-navigation.*

*Toutefois, je vous informe que le projet est à proximité de l'aérodrome privé de Tincey-et-Pontrebeau. En l'absence de l'accord du gestionnaire, les éoliennes devront être à plus de 2.5 km de cet aérodrome. »*

L'association Aero-club u.l.m. tince'air possède une base d'ULM à accès privé sur la commune de Tincey-et-Pontrebeau. La piste d'ULM est située, au plus proche, à 821 m au sud de l'éolienne E3.

Le pétitionnaire a fait appel à CGX AERO pour évaluer l'impact d'implantation d'éoliennes sur la base ULM située à proximité (Cf. Annexe 8 - Etude d'impact sur la base ULM à accès privé de Tincey-et-Pontrebeau (LF7025) de l'implantation du projet éolien CNR).

**Les plateformes d'ULM sont soumises à la circulaire du 12 janvier 2012 relative à l'instruction des projets éoliens par les services de l'aviation civile mais ne constituent pas de servitudes aéronautiques.** Cela a été confirmé par la réponse de la DGAC du 30 septembre 2021, dont la mairie de Tincey-et-Pontrebeau a reçu copie après sollicitation de la Préfecture par le gestionnaire.

Cette circulaire propose un cône simplifié de 2,5 km pour faciliter la prise en compte de ces bases ULM. Ce cône peut être réduit de moitié afin de permettre la poursuite de l'activité ULM tout en permettant l'installation du parc éolien.

**La circulaire du 12 janvier 2012 a été mise à jour par la note du 13 juillet 2022 relative au traitement des projets éoliens par les services de l'aviation civile. Dans cette note il est précisé que pour les plateformes ULM, la DGAC « peut tenir compte, si elle le juge pertinent, d'études établies par des sociétés spécialisées fournies par le requérant pour rendre son avis. »**

CGX Aero recommande ainsi de basculer le tour de piste au sud. La publication du tour de piste sur la fiche Basulm de la plateforme ULM permettra de s'assurer que tous les aéronefs évolueront dans le circuit de piste au sud, ce qui permet de ne plus avoir besoin de protéger les circuits de piste au Nord, et donc par la même occasion la partie Nord du cône devient superflue.

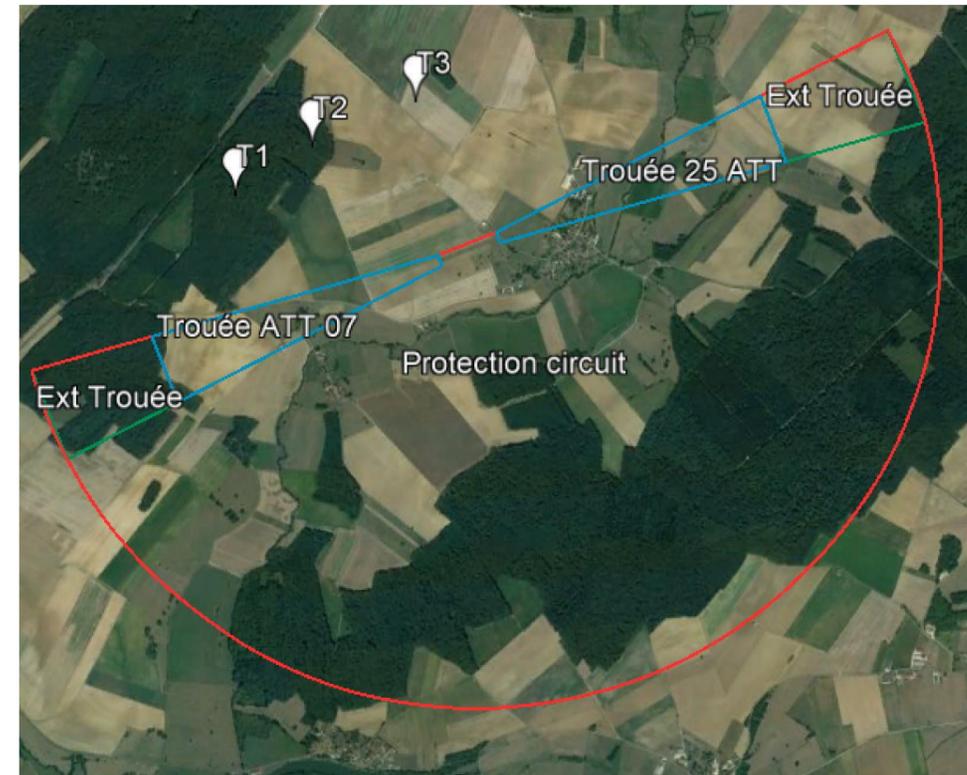


Figure 16 : Vue Google Earth Aménagement circuit de piste (Source : CGX AERO)

### **III.3.2 Réseaux publics et privés**

#### **III.3.2.1 Canalisation de transport**

D'après les données du CEREMA, aucune canalisation d'hydrocarbure, de gaz ou de produit chimique ne traverse l'aire d'étude de dangers.

#### **III.3.2.2 Réseau d'assainissement**

Les recherches entreprises n'ont pas permis d'identifier un réseau d'assainissement au sein de l'aire d'étude de dangers.

#### **III.3.2.3 Réseau d'alimentation en eau potable**

Aucune information cartographique sur le réseau en eau potable au droit de l'aire d'étude de dangers n'a pu être recensée.

Un réservoir d'eau potable semi-enterré est présent à 781 mètres au sud-est de E3.

#### **III.3.2.4 Servitudes aéronautiques et radioélectriques**

La Direction générale de l'aviation civile (DGAC), par courriers en date du 08/02/2019 et du 11/02/2022, informe de l'absence de servitudes contraignantes pour le projet.

L'Armée de l'Air informe également dans sa réponse du 24/06/2020 que le projet se situe au-delà de la zone de protection de 30 km des radars des armées.

Météo France informe dans sa réponse du 18/05/2018 que le radar le plus proche, utilisé dans le cadre des missions de sécurité météorologique des personnes et des biens, à savoir le radar de Blaisy Haut (21) est situé à plus de 80 km. Cette distance est supérieure à la distance minimale d'éloignement fixée par l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de productions d'électricité utilisant l'énergie éolienne.

Un faisceau hertzien de l'opérateur Bouygues Telecom est présent à 606 mètres à l'est de E3. L'opérateur informe dans sa réponse du 14/05/2018 que le projet n'impacte pas le réseau de transmission de Bouygues Telecom.

### **III.3.3 Autres ouvrages publics**

Aucun autre ouvrage public (exemple : barrages, digues, château d'eau, bassins de rétention...) n'est présent sur l'aire d'étude de dangers.

Une cartographie de synthèse est présentée ci-après.

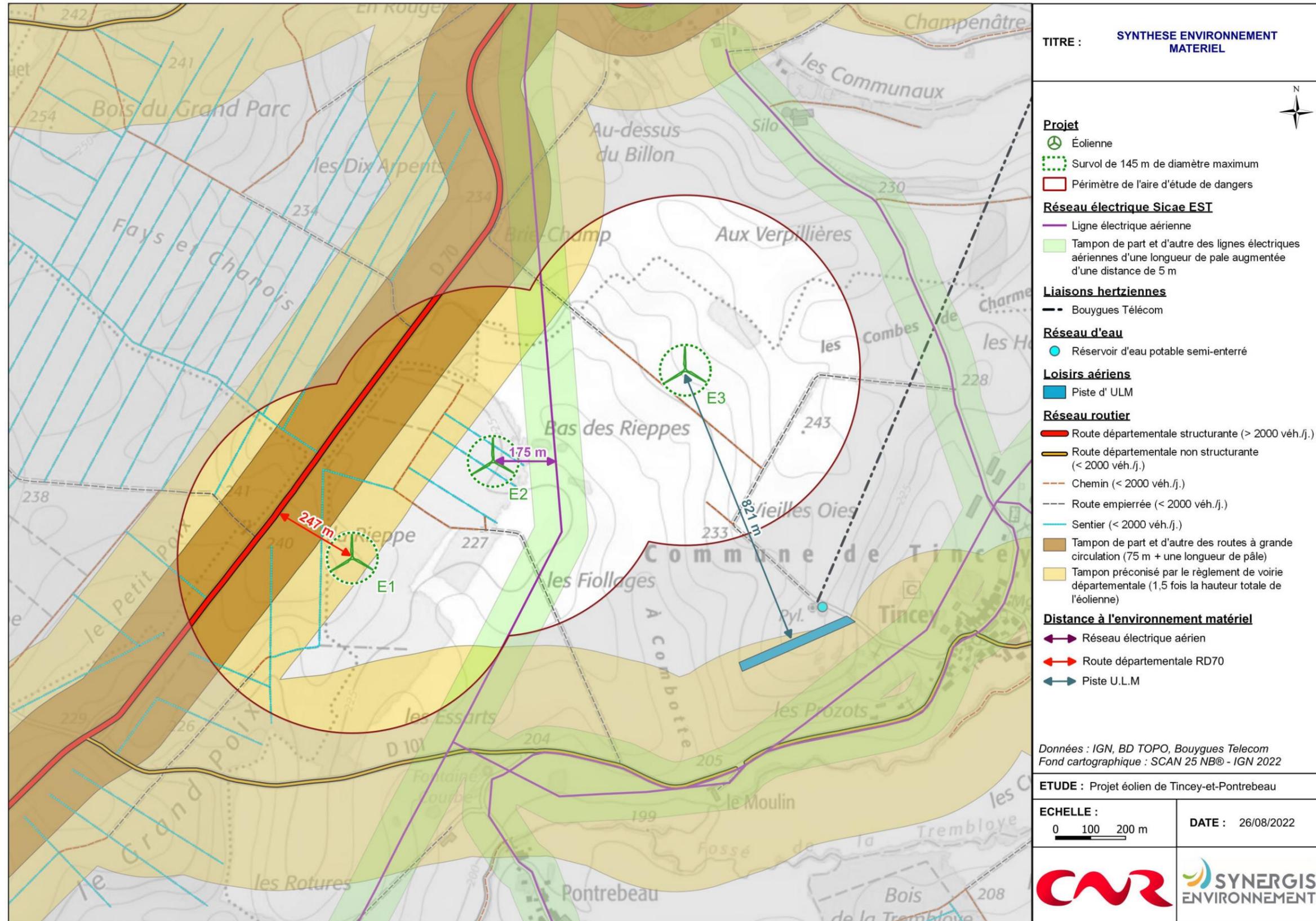


Figure 17 : Synthèse environnement humain et matériel

### III.4 Cartographie de synthèse

Finalement, un enjeu humain a été identifié dans le périmètre de l'aire d'étude de dangers :

- Personnes non abrités (promeneurs, cyclistes, exploitants agricoles ou forestiers) présentes dans un rayon de 500 mètres des éoliennes ;
- Personnes abritées dans un véhicule susceptible d'emprunter les chemins ruraux ou les routes départementales traversant l'aire d'étude de dangers.

La détermination du nombre de personnes (enjeux humains en équivalent personnes permanentes-epp) exposées dans le périmètre de l'étude de dangers est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire). Ont été distingués :

- Les terrains non-aménagés et très peu fréquentés (exploitation agricole et forestière) avec l'hypothèse d'une personne permanente pour 100 ha.
- Les voies de circulation non structurantes (<2 000 véhicules/jour) avec l'hypothèse de 0,1 personne par hectare, en prenant des routes de 5 m de large pour les chemins ruraux et 7 m pour la RD70.
- Les voies de circulation structurantes (> 2 000 véhicules/jour) avec l'hypothèse de 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour en prenant une largeur de 7 m pour la route départementale D 70.

Pour chaque éolienne, par application des hypothèses de comptage mentionnées ci-dessus, la fréquentation du périmètre de l'aire d'étude de dangers (500 mètres) en « équivalent personnes permanentes » (epp) est la suivante :

**Tableau 6 : Fréquentation du périmètre d'étude**

Périmètre d'étude	Terrains non aménagés et très peu fréquentés		Terrains aménagés et peu fréquentés		Voies de circulation structurantes		TOTAL Nombre de personnes exposées (epp)
			Voies de circulation non structurantes (<2000 véhicules/jour)				
	Surface (en ha)	Nombre de personnes exposées (epp)	Longueur (ml)	Nombre de personnes exposées (epp)	Longueur (ml)	Nombre de personnes exposées (epp)	
<b>Rayon de 500 m autour de l'emplacement de l'éolienne E1</b>	75,64	0,76	4087	0,20	859	7,89	<b>8,86</b>
<b>Rayon de 500 m autour de l'emplacement de l'éolienne E2</b>	76,38	0,76	3170	0,16	573	5,27	<b>6,19</b>
<b>Rayon de 500 m autour de l'emplacement de l'éolienne E3</b>	77,74	0,78	1600	0,08	-	-	<b>0,86</b>

**NB :** À noter que ce tableau comptabilise le nombre de personnes à l'état initial (sans le projet).

En conclusion de ce chapitre de l'étude de dangers, une cartographie de synthèse permet d'identifier géographiquement les enjeux humains et matériels à protéger dans la zone d'étude.

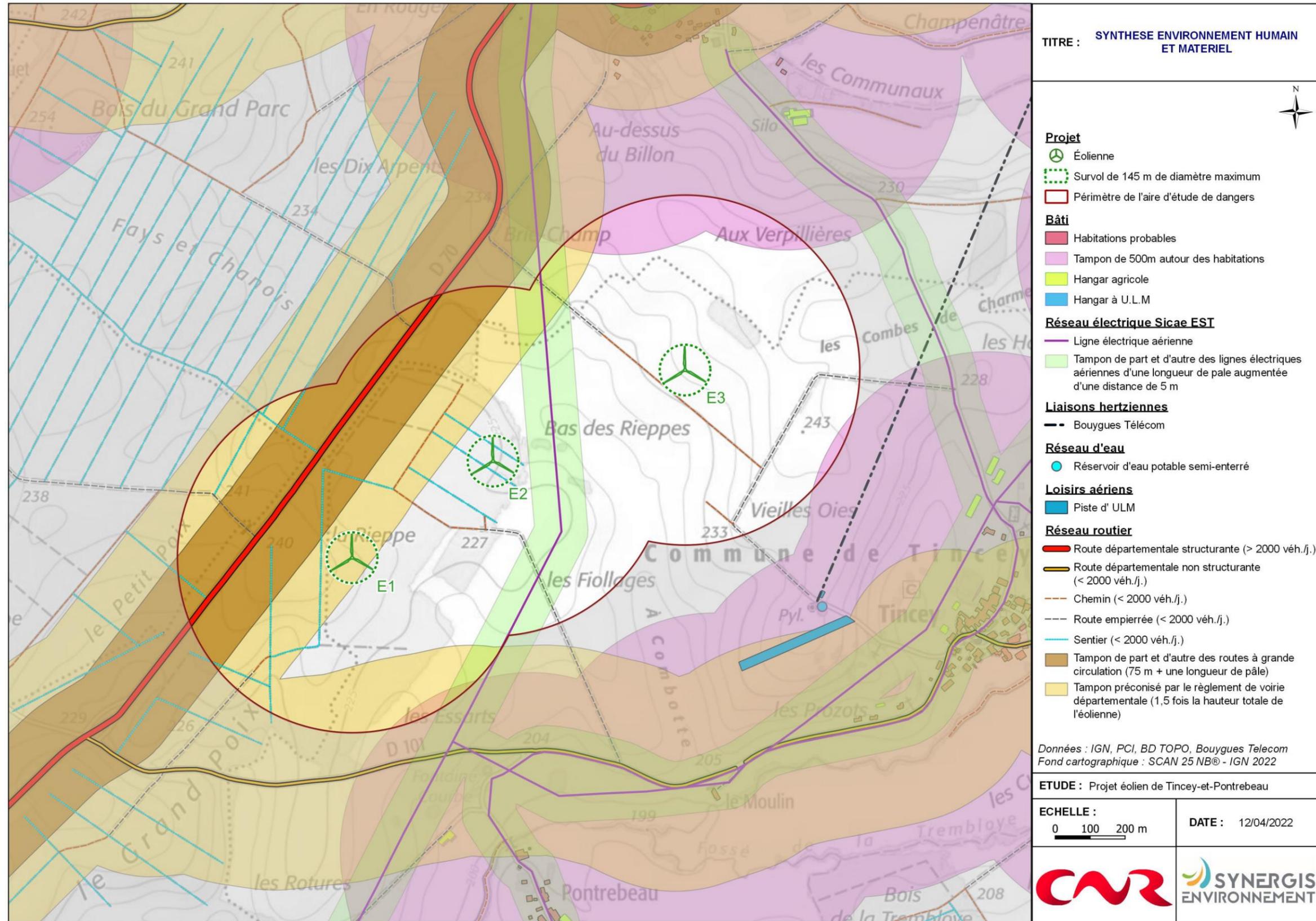


Figure 18 : Synthèse environnement humain et matériel

## IV. 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 dangers qu'elle représente (chapitre 6), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

### IV.1 Caractéristiques de l'installation

#### IV.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent.

Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique) :

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage »
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien »)
- Un ou plusieurs poste(s) de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public)
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(x) poste(s) de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité)
- Un réseau de chemins d'accès
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesures de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

Selon la réglementation, une installation soumise à la rubrique 2980 des Installations Classées correspond à un parc éolien exploité par un seul et même exploitant. Dans un souci de simplification, nous emploierons indifféremment les termes « parc éolien » ou « installation ».

##### IV.1.1.1 Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- Le rotor qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- Le mât est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou de 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,
  - Le transformateur, si celui-ci n'est pas situé dans le mât.

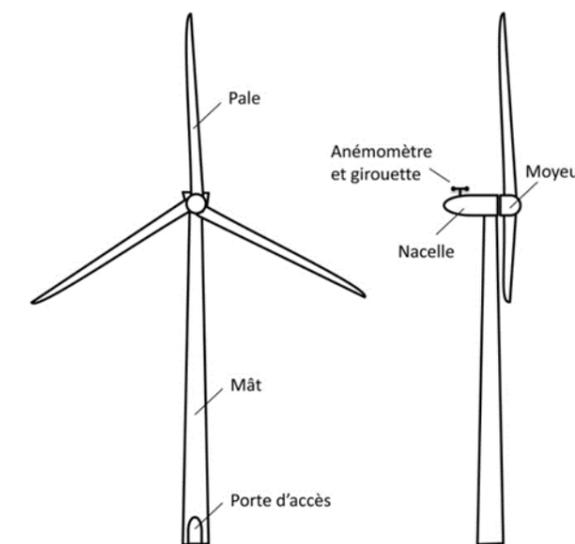


Figure 19 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

##### IV.1.1.2 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 remblais. 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.

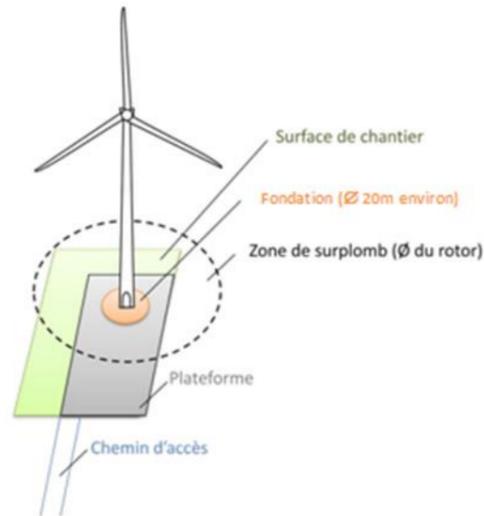


Figure 20 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

#### IV.1.1.3 Chemins d'accès

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

- L'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins d'exploitation ;
- Si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés.

Durant les phases 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).

#### IV.1.1.4 Autres installations

Aucun parking, aire d'accueil, parcours pédagogique ou autre installation n'est actuellement envisagé au sein de l'aire d'étude retenue.

#### IV.1.2 Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur de mât augmentée de la nacelle de 141 m maximum. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

#### IV.1.3 Composition de l'installation

Le parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau est composé de 3 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Le choix précis de la machine retenue se fera sur la base d'un appel d'offre constructeur après obtention des demandes d'autorisations.

La présente étude est réalisée sur la base des valeurs les plus pénalisantes à partir des dimensions présentées dans le tableau ci-dessous, correspondantes à des éoliennes disponibles sur le marché à la date de l'étude.

Tableau 7 : Dimensions générales en fonction du modèle d'éolienne

Modèle d'éolienne	NORDEX N131	ENERCON E138	SIEMENS-GAMESA 4.5-145	VESTAS V126
Puissance nominale (MW)	3,6	4,26	4,5	3,45
Hauteur hors-tout (m)	198,7	198,795	200	198,66
Diamètre de rotor (m)	131	138,3	145	126
Longueur de pale (m)	64,7	67,795	71	61,66
Hauteur de moyeu (m)	134	131	127,5	137
Hauteur de mât (au sens ICPE = tour + nacelle) (m)	135,96	134,39	131,6	141
Largeur de base de mât (m)	4,3	5,6	4,68	5,25
Largeur max de pale (m)	2,92	NC	2,9	2,59

La présente étude est réalisée sur la base des valeurs les plus pénalisantes afin de majorer l'exposition aux risques. Ainsi, une machine virtuelle combinant ces valeurs maximales est proposée :

Tableau 8 : Dimensions générales du gabarit fictif maximisant pour les calculs

Eolienne	GABARIT FICTIF MAXIMISANT POUR LES CALCULS DE DANGERS
Hauteur hors-tout	200 m
Diamètre de rotor	145 m
Longueur de pale	71 m
Hauteur de moyeu	137 m
Hauteur de mât (au sens de la réglementation ICPE, tour + nacelle)	141 m
Largeur de base de mât	5,6 m
Largeur max de pale	2,92 m

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des structures de livraison.

*Tableau 9 : Les coordonnées géographiques des différents aérogénérateurs et du poste de livraison*

	Cordonnées en Lambert 93		Z (m NGF) Issu du levé topo du géomètre
	X (m)	Y (m)	
E1	907 953	6 726 798	238
E2	908 356	6 727 074	223
E3	908 905	6 727 334	231
Centre du poste de livraison	908 824	6 727 318	227

Un plan détaillé de l'installation précisant l'emplacement des aérogénérateurs, de la structure de livraison, des plateformes, des chemins d'accès et des câbles électriques enterrés est présenté à la page suivante.

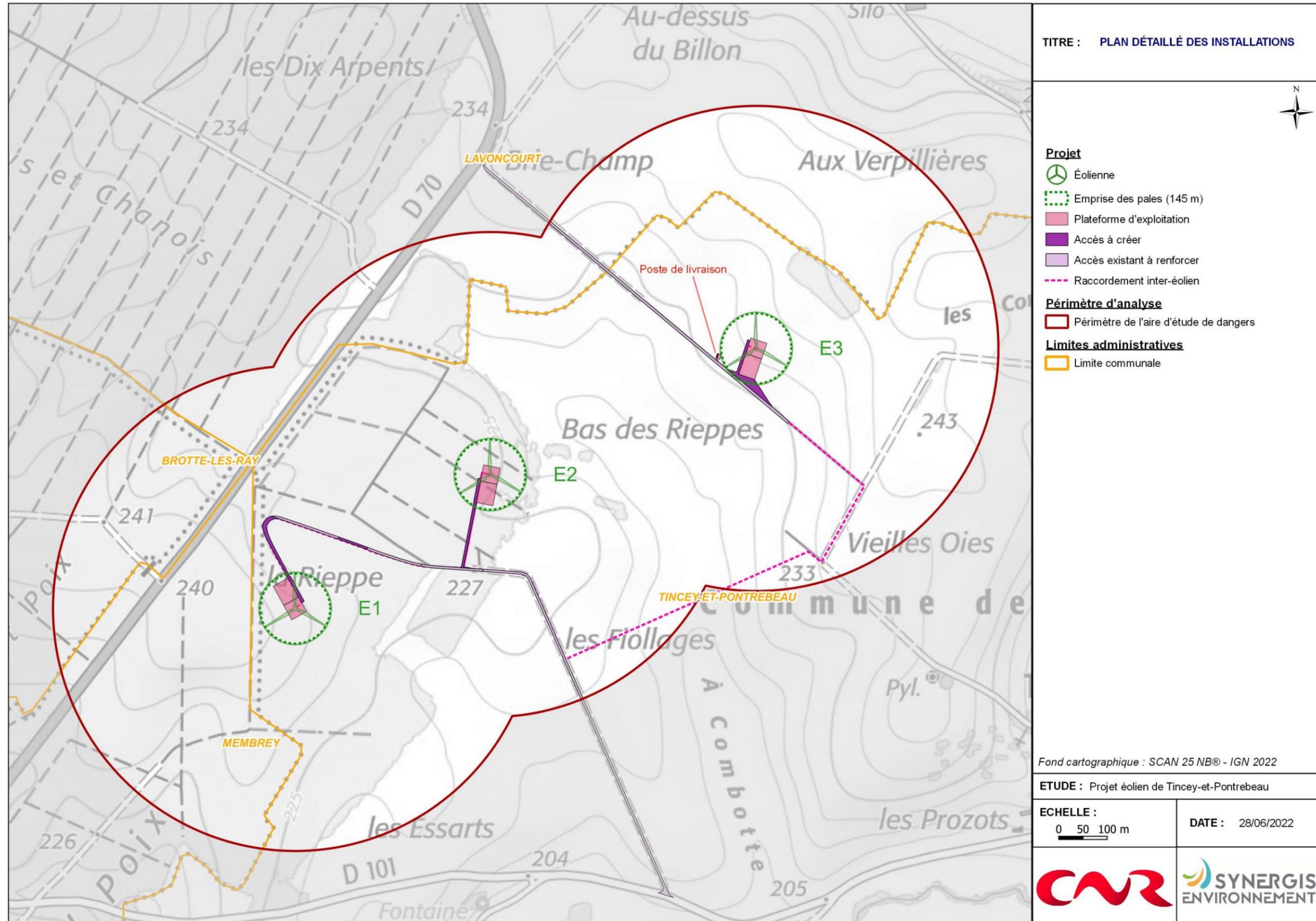


Figure 21 : Plan détaillé des installations

## IV.2 Fonctionnement de l'installation

### IV.2.1 Principe de fonctionnement des aérogénérateurs

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'**anémomètre** (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 15 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

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

Pour un aérogénérateur de 2 MW par exemple, la production électrique atteint 2 000 kW dès que le vent atteint environ 50 km/h.

L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 90 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.

Le tableau ci-dessous permet de recenser tous les éléments présents dans un parc éolien avec leur fonction et caractéristiques propres :

Tableau 10 : Les éléments d'un parc éolien

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
<b>Fondation</b>	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Massifs de fondation représentant environ 2 100 m <sup>3</sup> de béton armé sur une profondeur d'environ 3 à 5 m pour un diamètre d'une vingtaine de mètres. L'étude géotechnique permettra de dimensionner précisément les fondations pour chaque éolienne.
<b>Mât</b>	Supporter la nacelle et le rotor	Mât en acier ou en béton de plusieurs tronçons. Hauteur de mât de 141m maximum (incluant la nacelle) et diamètre maximum de 5,6 m, de couleur blanc grisé (RAL 7035 ou similaire)

<b>Nacelle</b>	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	La nacelle abrite les composants suivants : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique</li> <li>▪ Le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas)</li> <li>▪ Le système de freinage mécanique</li> <li>▪ Le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie</li> <li>▪ Les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette)</li> <li>▪ Le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique</li> </ul>
<b>Rotor / Pales</b>	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Rotor de 3 pales relié à la nacelle. La longueur d'une pale est de 71 m maximum (diamètre rotor 145 m maximum)
<b>Transformateur</b>	Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Les transformateurs moyenne-tension sont situés à l'intérieur de la structure de l'éolienne (nacelle ou mât)
<b>Structure de livraisons</b>	Disjoncteur général + compteurs d'énergie + supervision informatique	Un bâtiment préfabriqué (9 x 2,5 x 2,5 m). Le bâtiment peut être utilisé pour l'installation d'un poste de livraison normalisé EDF ou d'un circuit bouchon (filtre 175 Hz) ou encore d'un local d'exploitation et de maintenance. Les liaisons électriques entre éoliennes et postes de livraison sont assurées par des câbles souterrains.

### IV.2.2 Sécurité de l'installation

L'ensemble des dispositions de l'arrêté ministériel en date du 26 août 2011 seront respectées.

Ainsi s'agissant d'une installation classée ICPE, à l'intérieur de laquelle des travaux considérés comme « dangereux » ont lieu de façon périodique, l'exploitant s'assure de la conformité réglementaire de ses installations au regard de la sécurité des travailleurs et de l'environnement.

Il veille notamment au contrôle par un organisme indépendant du maintien en bon état des équipements électriques, des moyens de protection contre le feu, des protections individuelles et collectives contre les chutes de hauteur, des moyens de levage, des élévateurs de personnes et des équipements sous pression.

Par ailleurs, conformément à la réglementation ICPE, un suivi environnemental est effectué périodiquement, l'entretien est réalisé selon une périodicité définie dans le manuel d'entretien des éoliennes et l'ensemble des déchets est enlevé, trié puis retraité. Les équipements de sécurité des éoliennes, tels que les systèmes de contrôle de survitesse, arrêt d'urgence ou la vérification du boulonnage des tours font l'objet de vérifications de maintenance particulières selon des protocoles définis par les constructeurs et suivi dans le cadre du système qualité de l'exploitant.

### IV.2.3 Opérations de maintenance de l'installation

Les opérations de maintenance de l'installation seront conformes aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées en matière d'exploitation. Elles seront réalisées par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Celui-ci connaîtra de plus les procédures à suivre en cas d'urgence et procèdera à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.

Il s'agira notamment d'effectuer :

- un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre suivant une périodicité qui ne peut excéder six mois.
- un entretien visant à maintenir en bon état et propres les installations électriques ainsi que l'intérieur de l'aérogénérateur. Ces installations 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 auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.
- 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 suivant une périodicité qui ne peut excéder un an.
- un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât trois mois, puis un an après la mise en service industrielle puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans.
- un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité selon une périodicité qui ne peut excéder un an.

L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations de maintenance qui doivent être effectuées afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation, ainsi que les modalités de réalisation des tests et des contrôles de sécurité, notamment ceux visés par le présent arrêté. L'exploitant tient à jour, pour son installation, un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance qui ont été effectuées, leur nature, les défaillances constatées et les opérations préventives et correctives engagées.

En phase exploitation, des maintenances préventives (systématique, conditionnelle) des éoliennes seront mises en place. La maintenance préventive systématique porte sur le remplacement, à périodicité prédéfinie, des consommables tels que filtres, huile, air et sur le curage des dispositifs de récupération des épanchements. La maintenance préventive conditionnelle porte essentiellement sur l'analyse des niveaux de fluide, l'analyse vibratoire des éléments en mouvement et l'analyse électrique des éoliennes. La maintenance préventive des éoliennes a pour but de réduire les coûts d'intervention 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. Une première inspection est prévue au bout de 3 mois de fonctionnement des éoliennes. Ces opérations de maintenance courante seront répétées lors de l'inspection après la première année de fonctionnement, puis régulièrement selon le calendrier de maintenance.

Enfin, une maintenance curative est prévue dès lors qu'un défaut a été identifié lors d'une analyse. Les techniciens de maintenance éolienne se chargent alors de réparer et de remettre en fonctionnement les machines lors des pannes et assurent les reconnections aux réseaux. Le mainteneur garde pour objectif de maximiser la disponibilité technique des éoliennes pour permettre la production électrique.

### IV.2.4 Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun produit combustible ou inflammable ne sera stocké dans les éoliennes du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau.

## IV.3 Fonctionnement des réseaux de l'installation

### IV.3.1 Raccordement électrique

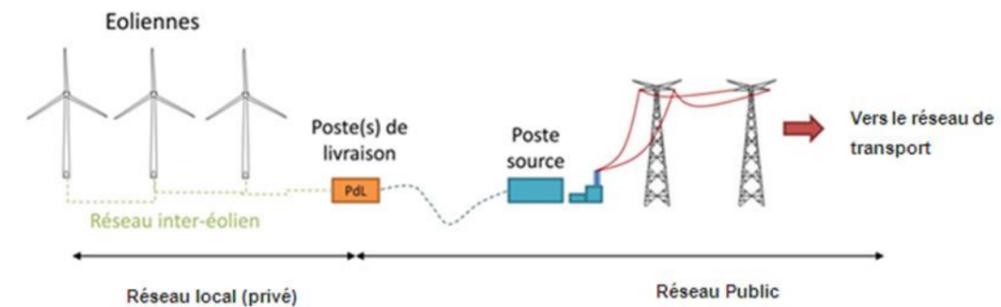


Figure 22 : Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

#### IV.3.1.1 Réseau inter-éolien

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

Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 85 cm.

**Le réseau inter-éolien mis en place sur le parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau représente une longueur de 2 736 mètres.**

#### IV.3.1.2 Poste de livraison

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

La localisation exacte des emplacements des structures 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.

Sur le parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau, la structure de livraison se situe le long du chemin d'exploitation n°3, à proximité de E3.

### IV.3.1.3 Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie le ou les postes de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ENEDIS, gestionnaire du réseau de distribution en France métropolitaine et continentale). Il est lui aussi entièrement enterré.

Il existe deux gestionnaires du réseau de distribution (GRD) dans le secteur du projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau : la SICAE Est et Enedis. La SICAE Est gère une partie du réseau moyenne tension de la Haute-Saône, de la Haute-Marne et des Vosges. Enedis gère 95% du réseau de distribution d'électricité en France.

**Il est important de noter que le tracé du raccordement sera défini par le gestionnaire de réseau. La définition du tracé définitif et la réalisation des travaux de raccordement sont du ressort du gestionnaire de réseau et à la charge financière du porteur de projet.**

Le Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Énergies Renouvelables (S3REnR) de Bourgogne-Franche-Comté a été adopté dans sa version définitive en mai 2022. Il est précisé que dans la zone où se trouve le projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau, « le réseau existant ne permet plus de proposer massivement de capacités supplémentaires de raccordement. Il est donc proposé de réaliser des travaux de renforcement sur les liaisons 63 kV du secteur, afin de tirer profit au maximum des capacités du réseau HTB1 et des flexibilités à court terme. »

Ce S3RENr prévoit par ailleurs le remplacement de deux transformateurs 63/20 kV au poste de Gray, ce qui permettra de dégager 32 MW (2 x 16 MW) dans la zone.

Enfin, selon l'évolution des réseaux, un raccordement à proximité du poste RTE de Malvillers pourrait être envisagé puisque des producteurs vont s'associer pour y créer un poste privé. Cette solution est encore à l'étude, et sera approfondie selon les capacités disponibles dans la zone au moment de la construction du projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau.

Tableau 11 : Hypothèse de raccordement externe du projet éolien Tincey-et-Pontrebeau

Département	Poste source	Puissance EnR déjà raccordée	Puissance des projets EnR-en développement (dont la convention de raccordement est signée)	Capacité d'accueil réservée au titre du S3REnR qui reste à affecter	Quote-part	S3REnR	GRD
70	Renaucourt	1.6 MW	18 MW	0	65.39 k€/MW	Bourgogne-Franche-Comté	SICAE Est
70	Gray	8.9 MW	67 MW (2.2 MW)	0	65.39 k€/MW	Bourgogne-Franche-Comté	Enedis

Source : capareseau, 2022

Les files d'attente et les travaux de renforcement effectués sur le réseau peuvent amener à une actualisation de ces données. Celles-ci restent donc à confirmer directement avec le gestionnaire du réseau au moment de la demande de raccordement du projet éolien, une fois celui-ci autorisé.

### IV.3.2 Autres réseaux

Le parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau et ses équipements ne sont reliés à aucun réseau de gaz, d'alimentation en eau potable ou d'assainissement.

Tableau 12 : le danger potentiel pour l'installation d'une éolienne

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

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

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

### V.1 Potentiels de dangers liés aux produits

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

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

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

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

### V.2 Potentiels des dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau sont de cinq types :

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

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

### V.3 Réduction des potentiels de dangers à la source

#### V.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.

##### V.3.1.1 Choix de l'emplacement des installations

Le projet de parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau a été conçu dans l'objectif de se tenir à distance des zones potentielles d'enjeux. L'emplacement des installations a été déterminé à partir d'une vaste analyse multicritère (absence de zonage règlementaire de protection des milieux naturels ; absence d'autres servitudes règlementaires rédhibitoires, densité de l'habitat, activité agricole, enjeux environnementaux et paysagers, espacement des éoliennes pour optimiser leur production électrique et limiter le sillage, existence d'infrastructures linéaires...). Certains de ces critères contribuent dès la définition du projet à éloigner naturellement les installations des zones potentiellement vulnérables comme les axes routiers ou les zones d'habitations. Ainsi, l'habitation la plus proche est située à plus de 851 mètres des futures éoliennes et celles-ci sont éloignées de la RD70 de plus d'une hauteur hors tout (200m).

### V.3.1.2 Choix des éoliennes

Le projet de parc éolien Tincey-et-Pontrebeau est composé de 3 éoliennes.

Le choix exact du modèle d'aérogénérateur retenu se fera sur la base d'une mise en concurrence des différents constructeurs après obtention de l'autorisation environnementale. Aussi, le modèle exact ne peut être connu dans l'immédiat. Toutefois, le modèle retenu sera conforme au gabarit utilisé pour l'ensemble des études, avec une hauteur maximale de 200 m en bout de pale.

Les éoliennes installées sur le site de Tincey-et-Pontrebeau seront conformes à la directive 98/37/CE et aux dispositions pertinentes du code du travail.

Ainsi, les éoliennes :

- Satisferont aux exigences essentielles de sécurité de cette directive ou les normes harmonisées traduisant ces exigences ;
- Seront revêtues du marquage « CE » pour « Conformité Européenne » ;
- Disposeront d'une déclaration de conformité délivrée par le fabricant au titre de l'article R. 233-73 du code du travail, attestant de la conformité de la machine aux prescriptions techniques la concernant.

### V.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles

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 »), modifiée par la directive n°2008/1/CE du 15 janvier 2008, a été remplacée par la directive IED. Cette directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles définit un ensemble de mesures pour la protection et la réduction des pollutions émises par certaines installations industrielles et agricoles.

Un des principes essentiels de cette directive impose le recours aux meilleurs techniques disponibles afin de prévenir toute pollution.

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

## VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

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

### VI.1 Inventaire des incidents et accidents en France

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

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

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

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

Dans l'état actuel, la base de données produite par le groupe de travail de SER/FEE (qui a élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens) apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France.

**Un total de 113 incidents a pu être recensé entre 2000 et décembre 2021** (cf. tableau détaillé en annexe). En décembre 2021 le parc éolien français atteint une puissance raccordée de 18 873 MW.

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

Le graphique présenté ci-après montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et décembre 2021. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs.

Dans ce graphique sont présentés :

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

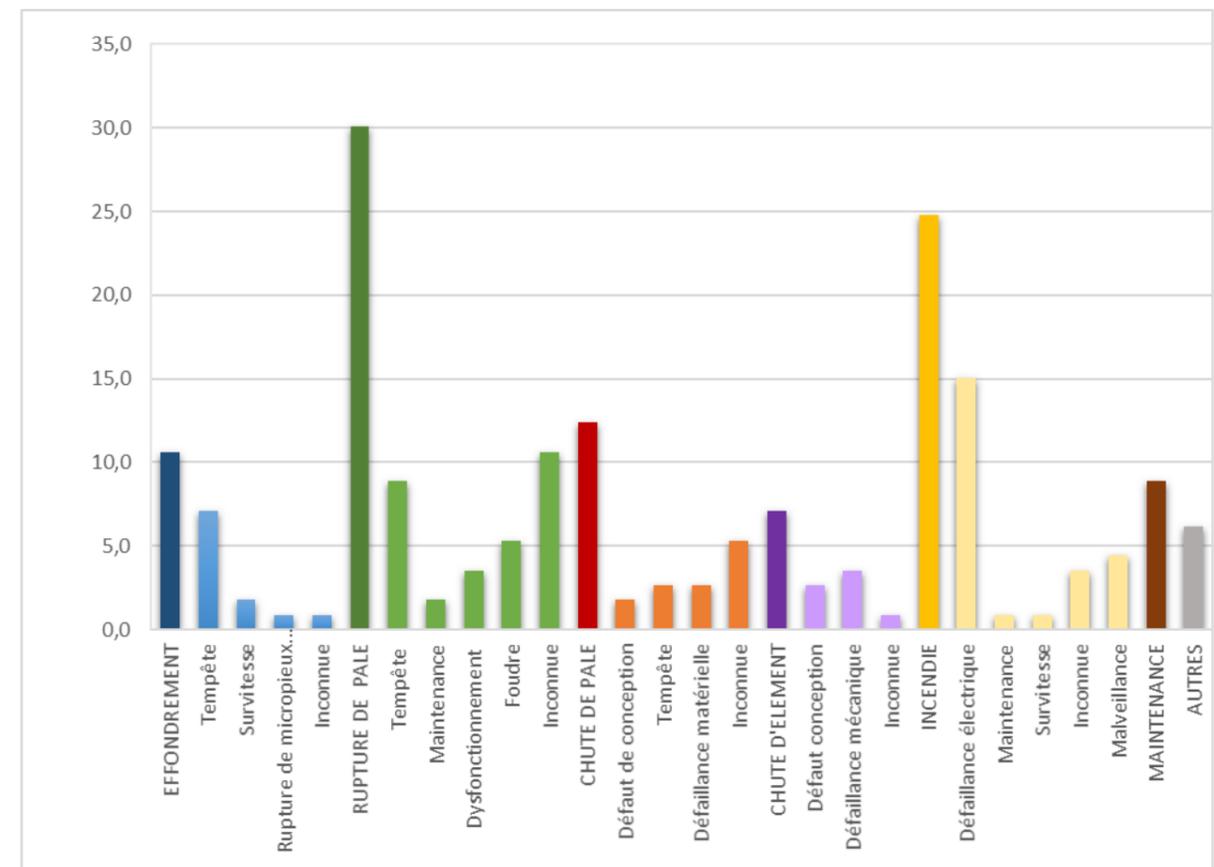


Figure 23 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et décembre 2021

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

## VI.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne jusqu'au 30 juin 2021.

La synthèse présentée à la page suivante provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Cette base de données décrypte, entre 2000 et juin 2021, 3 033 accidents. Parmi ces accidents, on en compte 1 155 qui sont des accidents « majeurs », pris en compte dans la présente étude de dangers. Les autres types d'accidents concernent les accidents du travail, des presque-accidents...

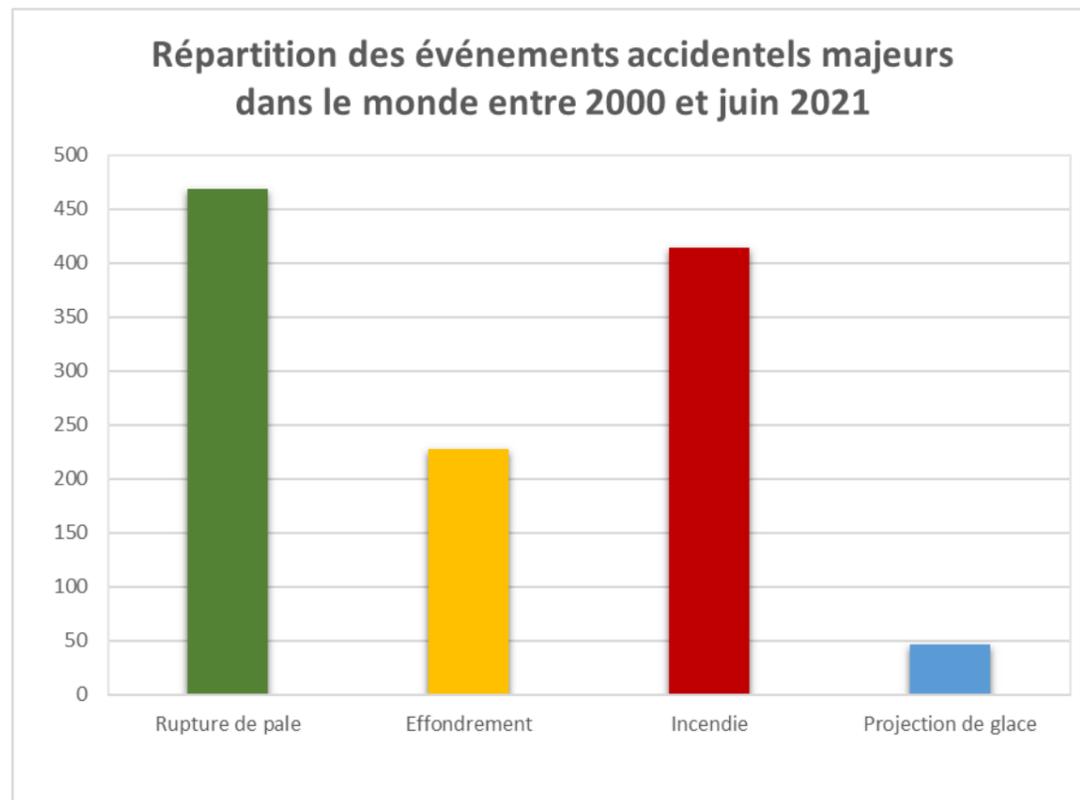


Figure 24 : Répartition des événements accidentels majeurs dans le monde entre 2000 et juin 2021

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). 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.

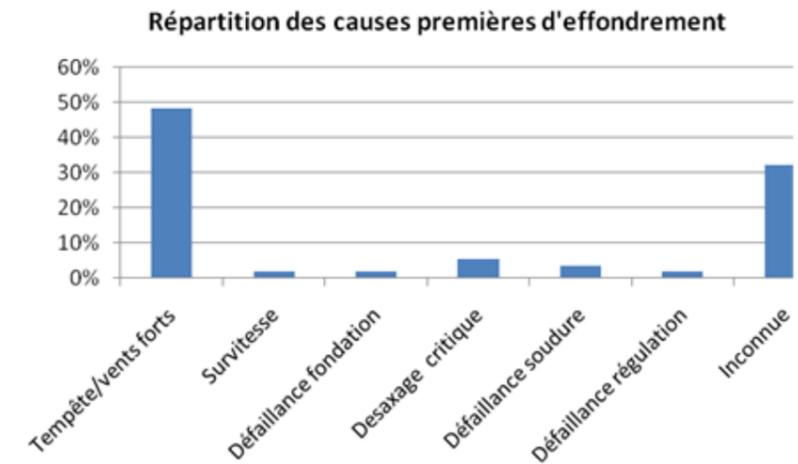


Figure 25: Répartition des causes premières d'effondrement

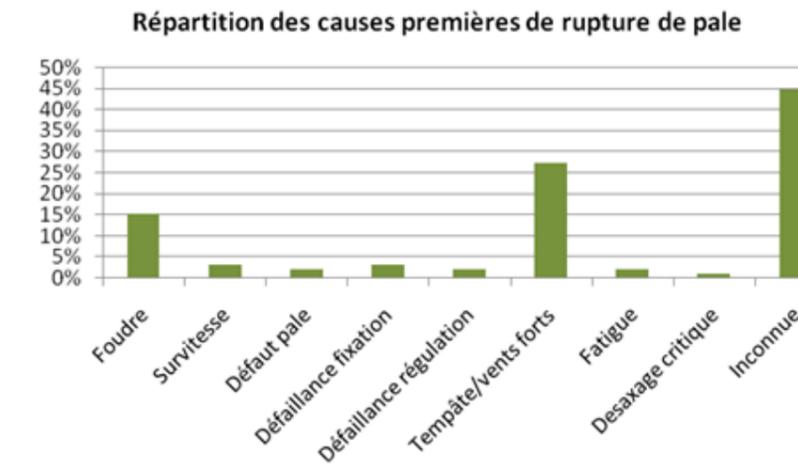


Figure 26: Répartition des causes premières de rupture de pale

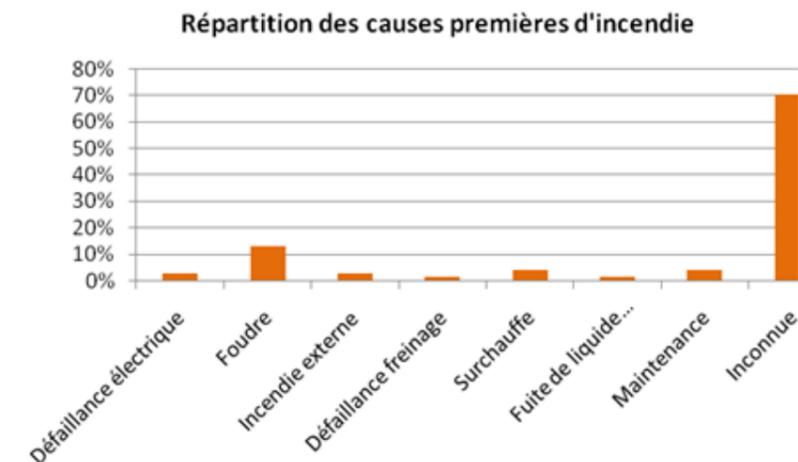


Figure 27 : Répartition des causes premières d'incendie

## VI.3 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

### VI.3.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

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

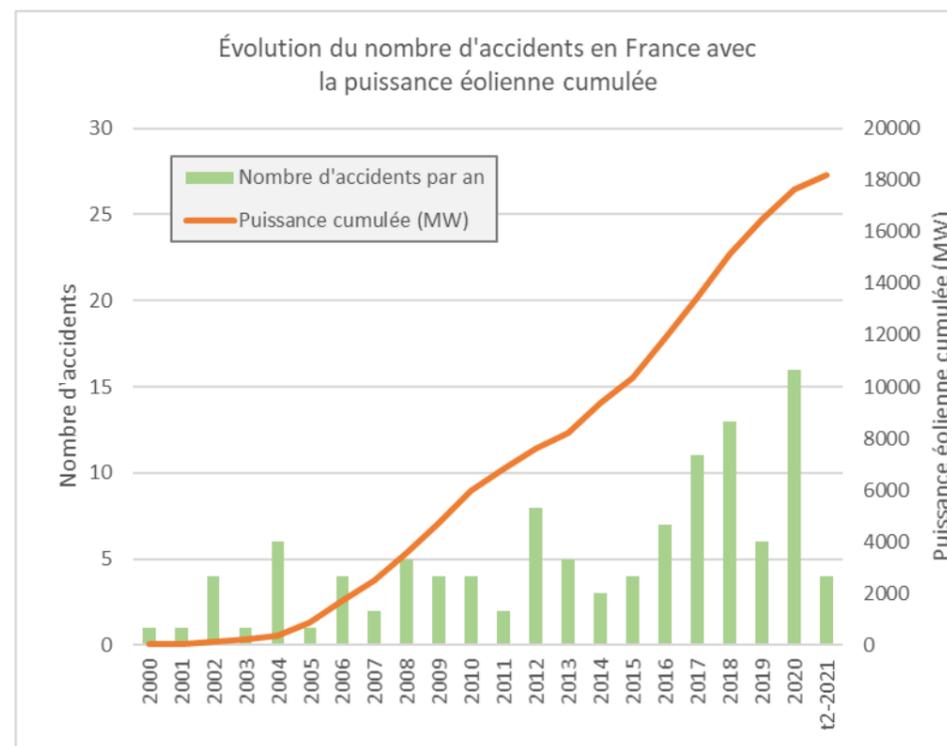


Figure 28 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et puissance éolienne installée<sup>1</sup>

### VI.3.2 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 suivants :

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

## VI.4 Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

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

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

<sup>1</sup> On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accidents reste relativement constant

## VII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

### VII.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques

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

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

### VII.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

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

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

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

- Inondations ;
- Séismes d'amplitude suffisante pour avoir des conséquences notables sur les infrastructures ;
- Incendies de cultures ou de forêts ;
- Pertes de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses ;
- Explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne.

## VII.3 Recensement des agressions externes potentielles

### VII.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

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

Tableau 13 : Les principales agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Voies de circulation <sup>1</sup>	Aérodrome	Piste d'U.L.M.	Ligne THT	Autres aérogénérateurs
<b>Fonction</b>	Transport	Transport aérien	Transport aérien	Transport d'électricité	Production d'électricité
<b>Evènement redouté</b>	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Chute d'aéronef	Chute d'aéronef	Rupture de câble	Accident générant des projections d'éléments
<b>Danger potentiel</b>	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	Arc électrique, surtensions	Energie cinétique des éléments projetés
<b>Périmètre (m)<sup>2</sup></b>	200	2000	2000	200	500
<b>Distance par rapport au mât des éoliennes (m)</b>					
<b>E1</b>	NA <sup>3</sup>	NA	1 145	NA	NA
<b>E2</b>	NA	NA	907	NA	NA
<b>E3</b>	NA	NA	821	NA	NA

<sup>1</sup> Telles que définies à l'annexe de l'EDD (= voies structurantes > 2000 véhicules/jour)

<sup>2</sup> D'après les grilles INERIS

<sup>3</sup> NA = non applicable = absence de l'infrastructure visée dans le rayon dédié pour l'agression.

Les éoliennes du parc de Tincey-et-Pontrebeau se situent dans le périmètre associé aux agressions potentielles liées à la piste de loisirs d'engins U.L.M (ultra-léger motorisé). Les éoliennes se situent à l'extérieur des trouées de décollage/atterrissage.

Le pétitionnaire a fait appel à la société CGX AERO pour évaluer l'impact d'implantation d'éoliennes sur la base ULM, le rapport est présenté en annexe.

L'étude de CGX AERO montre la compatibilité du projet éolien avec la piste de loisirs d'engins ULM dès lors que les aéronefs utilisent le circuit de piste côté sud. Les éoliennes se situent à l'extérieur des trouées de décollage/atterrissage.

### VII.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Tableau 14 : les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
<b>Vents et tempête</b>	L'emplacement des aérogénérateurs n'est pas compris dans une zone affectée par des cyclones tropicaux. Des vents très violents dépassant les 120 km/h ont toutefois déjà été observés dans le secteur (notamment durant la tempête de 1999). Les éoliennes étant dimensionnées pour supporter des vents pouvant atteindre 250 km/h, il n'y a pas lieu de proposer de mesures particulières.
<b>Foudre</b>	Le parc éolien respectera la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305 – 3 (Décembre 2006).
<b>Glissement de sols/ affaissement miniers</b>	NA

\*NA = non applicable= absence de l'infrastructure visée dans le rayon dédié pour l'agression.

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 (Juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la liste des fonctions de sécurité 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 scénarii de rupture de pale.

### VII.4 Analyse générique des risques liés aux agressions externes potentielles

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

- Une description des causes et de leur séquençage (événements initiateurs et événements intermédiaires)
- Une description des événements redoutés centraux qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- Une description des fonctions de sécurité permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux ;
- 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 scénarii listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarii 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).

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

Tableau 15 : Les scénarii d'accidents pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Écoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
<b>C03</b>	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
<b>P01</b>	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
<b>P02</b>	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
<b>P03</b>	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
<b>E01</b>	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
<b>E02</b>	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
<b>E05</b>	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
<b>E07</b>	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
<b>E08</b>	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
<b>E09</b>	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
<b>E10</b>	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

## VII.5 Effets dominos

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, l'une des possibilités 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.

## VII.6 Mise en place des mesures de sécurité

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc de Tincey-et-Pontrebeau.

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 scénarii d'accidents. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **Temps de réponse (en secondes ou en minutes)** : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- **Efficacité (100% ou 0%)** : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.

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

Tableau 16 : Synthèse des fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de dangers 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	Mise en pause de la turbine < 1 min à partir de la détection de la formation de glace, conformément à l'article 25 de l'arrêté modifié du 26 août 2011 (dernière modification au 22 juin 2020)		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		
Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la mise à la terre de l'installation avant sa mise en service industrielle (article 9 de l'arrêté modifié du 26 août 2011 - dernière modification au 22 juin 2020).		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir les court-circuit	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	Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié au 22 juin 2020, des vérifications générales périodiques et des contrôles systèmes instrumentés de sécurité font partie des tests annuels réalisés visant à éviter tout accident électrique.		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		
<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les effets de la foudre</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>6</b>
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Dans le cadre des vérifications générales périodiques, l'ensemble des liaisons de mise à la terre sont vérifiés annuellement par un organisme certifié.		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		
<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Protection et intervention incendie</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>7</b>
Mesures de sécurité	DéTECTEURS de niveau d'huile sur les turbines concernés (avec multiplicateur) Procédure d'urgence visant à contenir les éventuels épanchements. Kit antipollution à disposition du mainteneur et des exploitants		
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	Ces tests font partie des systèmes instrumentés de sécurité organisés par le mainteneur.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		
<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévention et rétention des fuites</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>8</b>
Mesures de sécurité	DéTECTEURS de niveau d'huile sur les turbines concernés (avec multiplicateur) Procédure d'urgence visant à contenir les éventuels épanchements Kit antipollution à disposition du mainteneur et des exploitants		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de vidange 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. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : – de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; – d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; – de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance du turbinier		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		
<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>9</b>
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualifiées Attestation du contrôle technique (lors de la mise en service du parc)		
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 moyeu, 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 protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui		

Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		
<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les erreurs de maintenance</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>10</b>
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	NA		
<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>11</b>
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	/		
Maintenance	/		
<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>12</b>
Mesures de sécurité	Mise en place d'une procédure de veille cyclonique et d'intervention + mise en œuvre d'éoliennes équipées de dispositifs anticycloniques permettant abattage et arrimage au sol des éléments les plus sensibles, en particulier les pales		
Description	L'ensemble de la structure [mât et/ou nacelle + hélice] peut être rabattu et arrimé au sol Détection des cyclones Formation des opérateurs Mise en place d'une procédure d'intervention suivant les niveaux d'alerte		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	/		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle et entretien des équipements de repli cyclonique		

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011, notamment, sur une périodicité qui ne peut 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.

## VII.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

*Tableau 17 : les scénarii 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 (scénario du guide de l'Ineris). Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 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 et 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. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapproché d'une nappe phréatique.

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

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

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

## VIII. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarii 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.

A ce stade du projet le gabarit de l'éolienne retenu est arrêté mais le développeur ne procédera au choix final de l'éolienne qu'au moment de la construction du parc. C'est-à-dire après l'obtention des autorisations administratives.

Les calculs intégreront suivant le cas un diamètre de rotor max ou min, une hauteur de mât max ou min de façon à garder la même Hmax. Ceci dans le but de calculer le degré d'exposition maximum du phénomène étudié. Ainsi, il sera adopté pour tous les calculs les dimensions d'un gabarit fictif. Le tableau suivant permet de mettre en évidence le gabarit fictif maximisant pris en compte dans le cadre de ce projet.

*Tableau 18 : Dimensions de l'éolienne fictive utilisées pour les calculs de l'étude de dangers*

Eolienne	GABARIT FICTIF MAXIMISANT POUR LES CALCULS DE DANGERS
Hauteur hors-tout	200 m
Diamètre de rotor	145 m
Longueur de pale	71 m
Hauteur de moyeu	137 m
Hauteur de mât (au sens de la réglementation ICPE, tour + nacelle)	141 m
Largeur de base de mât	5,6 m
Largeur max de pale	2,92 m

**À noter qu'il s'agit pour ces calculs d'une machine fictive permettant de maximiser les risques qu'elle induit car prenant en compte les paramètres les plus contraignants des modèles éligibles. Il s'agit d'un modèle qui ne sera pas retenu mais seulement utilisé pour les calculs. La hauteur maximale en bout de pale des aérogénérateurs qui fait l'objet du présent Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale sera bien 200 m.**

### VIII.1 Rappels des définitions

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

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

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

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

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

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

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

#### VIII.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, 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.

### VIII.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).

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

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

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

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

Tableau 19: référence pour le degré d'exposition

Intensité	Degré d'exposition
<b>Exposition très forte</b>	Supérieur à 5 %
<b>Exposition forte</b>	Compris entre 1 % et 5 %
<b>Exposition modérée</b>	Inférieur à 1 %

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

### VIII.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 20 : Les seuils de gravité en fonction du nombre de personnes dans chacune des zones d'effet

Intensité / Gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte
« Désastreux »	Plus de 1000 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 10 personnes exposées
« Catastrophique »	Entre 100 et 1000 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Moins de 10 personnes exposées
« Important »	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 1 et 10 personnes exposées	Au plus 1 personne exposée
« Sérieux »	Moins de 10 personnes exposées	Au plus 1 personne exposée	Aucune personne exposée
« Modéré »	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement

### VIII.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 scénarii d'accident majeur :

Tableau 21 : Les classes de probabilité des scénarii d'accident majeur

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

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

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

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

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

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

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

**PERC** : probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

**Porientation** : 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)

**Protation** : probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment)

**Patteinte** : 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)

**Pprésence** : 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 (PERC) a été retenue.

## VIII.2 Caractérisation des scénarii retenus

### VIII.2.1 Effondrement de l'éolienne

#### VIII.2.1.1 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 maximale de l'éolienne en bout de pale, soit 200 mètres dans le cas des éoliennes du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie. 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

#### VIII.2.1.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne concernant le parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau.

- d est le degré d'exposition
- ZI la zone d'impact
- ZE la zone d'effet
- R est la longueur maximale de pale envisagée (R= 71 m), de forme triangulaire avec une base de largeur LB=2,92 m
- H la hauteur maximale envisagée pour le mât (H= 141 m)
- L la largeur maximale du mât (L= 5,6 m).

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

Tableau 22 : L'impact de l'effondrement de l'éolienne

Effondrement de l'éolienne (Dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = (H) \times L + 3 \times R \times LB / 2$ $Z_I = 1\,100,58$	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$ $Z_E = 125\,663,71$	$d = Z_I / Z_E$ $d = 0,00876$ Soit 0,876 %	<b>Exposition modérée</b>
<b>La zone d'impact est de 1 100,58 m<sup>2</sup></b>	<b>La zone d'effet est de 125663,71 m<sup>2</sup></b>	<b>Le degré d'exposition du phénomène est donc inférieur à 1 %</b>	

#### VIII.2.1.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), 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 1000 personnes exposées : « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 personnes exposées : « Catastrophique »
- Entre 1 et 100 personnes exposées : « Important »
- Moins de 10 personnes exposées : « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à 1 personne : « Modéré »

Le tableau suivant synthétise les types de terrains rencontrés dans les zones d'effet des éoliennes du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau et les hypothèses de calcul associées, d'après le guide de l'INERIS :

Tableau 23 : Hypothèses de calcul pour le risque effondrement

Effondrement de l'éolienne (rayon de la zone d'effet : 200 m)		
Éoliennes concernées	Ensemble homogène dans le périmètre d'étude	Hypothèse enjeu humain (guide de l'INERIS)
E1 à E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,01 pers./ha
E1 à E3	Terrains aménagés mais peu fréquentés dont les voies de circulation non structurantes (RD non structurantes (hypothèse de 7 m de large), chemins ruraux (hypothèse de 5 m de large), pistes d'accès...)	0,1 pers./ha

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

Tableau 24 : Nombre de personnes exposées au phénomène d'effondrement par zone d'effet

Effondrement de l'éolienne (Dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)						
Éolienne	Terrains non aménagés		Terrains aménagés mais peu fréquentés		Total	Gravité
	(ha)	Nombre de personnes exposées (epp)	(ha)	Nombre de personnes exposées (epp)	Nombre de personnes exposées (epp)	
E1	11,84	0,12	0,73	0,07	0,19	Modérée
E2	11,24	0,11	1,33	0,13	0,25	Modérée
E3	11,69	0,12	0,88	0,09	0,20	Modérée

### VIII.2.1.4 Probabilité

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

**Tableau 25 : Les classes de probabilité utilisées dans les études de danger**

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distances	$1,8 \times 10^{-4}$ (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, à la date d'élaboration du guide de l'INERIS, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience<sup>2</sup>, soit une probabilité de  $4,47 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

Au mois de janvier 2018, une éolienne s'effondre sur le territoire communal de Bouin suite au passage de la tempête Carmen.

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.

Concernant l'effondrement d'éolienne survenu sur le territoire communal de Bouin en janvier 2018, il est important de noter que cette éolienne avait été mise en service en 2003.

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

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

### VIII.2.1.5 Acceptabilité

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

**Tableau 26 : Gravité et niveau de risque de l'effondrement de chaque aérogénérateur**

Effondrement de l'éolienne (Dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable

**Ainsi, pour le parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

<sup>2</sup> Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

## VIII.2.2 Chute de glace

### VIII.2.2.1 Considérations générales

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

Selon l'étude WECO, 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.

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.

### VIII.2.2.2 Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau, la zone d'effet à donc un rayon de 72,5 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.

### VIII.2.2.3 Intensité

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

Le degré d'exposition est calculé pour un morceau de glace d'une surface d'1 m<sup>2</sup>, de façon à majorer la zone d'impact, et donc, le degré d'exposition.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau.

- d est le degré d'exposition
- ZI est la zone d'impact
- ZE est la zone d'effet
- D le diamètre du rotor envisagé (D = 145 m) ;
- S<sub>G</sub> est la surface du morceau de glace majorant (S<sub>G</sub>= 1 m<sup>2</sup>).

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

Tableau 27 : L'impact lors de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = S_G$ $Z_I = 1$  La zone d'impact est d'1 m <sup>2</sup>	$Z_E = \pi \times (D/2)^2$ $Z_E = 16\,513$  La zone d'effet est de 16 513 m <sup>2</sup>	$d = Z_I / Z_E$ $d = 0,00606 \%$  Le degré d'exposition du phénomène est inférieur à 1%	Exposition modérée

### VIII.2.2.4 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

Le tableau suivant synthétise les types de terrains rencontrés dans les zones d'effet des éoliennes du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau et les hypothèses de calcul associées, d'après le guide de l'INERIS :

Tableau 28 : Hypothèses de calcul pour le risque chute de glace

Effondrement de l'éolienne (rayon de la zone d'effet : 72,5 m)		
Éoliennes concernées	Ensemble homogène dans le périmètre d'étude	Hypothèse enjeu humain (guide de l'INERIS)
E1 à E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,01 pers./ha
E1 à E3	Terrains aménagés mais peu fréquentés dont les voies de circulation non structurantes (RD non structurantes (hypothèse de 7 m de large), chemins ruraux (hypothèse de 5 m de large), pistes d'accès...)	0,1 pers./ha

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 : Nombre de personnes exposées au phénomène de chute de glace

Chute de glace (Dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)						
Éolienne	Terrains non aménagés		Terrains aménagés mais peu fréquentés		Total	Gravité
	(ha)	epp	(ha)	epp	Epp	
E1	1,24	0,01	0,41	0,04	0,05	Modérée
E2	1,28	0,01	0,37	0,04	0,05	Modérée
E3	0,79	0,01	0,86	0,09	0,09	Modérée

#### VIII.2.2.5 Probabilité

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

#### VIII.2.2.6 Acceptabilité

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

Tableau 30 : Gravité et niveau de risque en cas de chute de glace pour chaque aérogénérateur

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable

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

Ainsi, pour le parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

### VIII.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne

#### VIII.2.3.1 Zone d'effet

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

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

#### VIII.2.3.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau.

- d est le degré d'exposition
- ZI la zone d'impact
- ZE la zone d'effet
- D le diamètre du rotor maximal envisagé (D = 145 m)
- R la longueur de pale maximale envisagée (R= 71 m) de forme triangulaire avec une base de largeur LB (LB= 2,92 m).

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

Tableau 31 : impact en cas de chute d'éléments de l'éolienne

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$ZI = R \cdot LB / 2$ ZI= 103,6  La zone d'impact est de 103,6 m <sup>2</sup>	$ZE = \pi \times (D/2)^2$ ZE= 15 837  La zone d'effet est de 15 837 m <sup>2</sup>	$d = ZI / ZE$ d= 0,65%  Le degré d'exposition du phénomène est inférieur à 1 %	Exposition modérée

### VIII.2.3.3 Gravité

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

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

Le tableau suivant synthétise les types de terrains rencontrés dans les zones d'effet des éoliennes du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau et les hypothèses de calcul associées, d'après le guide de l'INERIS :

**Tableau 32 : Hypothèses de calcul pour le risque chute d'éléments**

Chute d'éléments de l'éolienne (rayon de la zone d'effet : 72,5 m)		
Éoliennes concernées	Ensemble homogène dans le périmètre d'étude	Hypothèse enjeu humain (guide de l'INERIS)
E1 à E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,01 pers./ha
E1 à E3	Terrains aménagés mais peu fréquentés dont les voies de circulation non structurantes (RD non structurantes (hypothèse de 7 m de large), chemins ruraux (hypothèse de 5 m de large), pistes d'accès...)	0,1 pers./ha

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 33 : Nombre de personnes exposées au phénomène chute d'éléments de l'éolienne**

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)						
Éolienne	Terrains non aménagés		Terrains aménagés mais peu fréquentés		Total	Gravité
	(ha)	Nombre de personnes exposées (epp)	(ha)	Nombre de personnes exposées (epp)	Nombre de personnes exposées (epp)	
E1	1,24	0,01	0,41	0,04	0,05	Modérée
E2	1,28	0,01	0,37	0,04	0,05	Modérée
E3	0,79	0,01	0,86	0,09	0,09	Modérée

### VIII.2.3.4 Probabilité

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

Au moment de l'élaboration du guide de l'INERIS, 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).

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

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

### VIII.2.3.5 Acceptabilité

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

**Tableau 34 : Gravité et niveau de risque de chute d'éléments de l'éolienne pour chaque aérogénérateur**

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable

**Ainsi, pour le parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau, le phénomène de chute d'éléments d'éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

## VIII.2.4 Projection de pales ou de fragments de pales

### VIII.2.4.1 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. Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres.

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

### VIII.2.4.2 Intensité

Pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (500 m). Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau.

- r est le rayon de la zone de projection de pale ou de fragment de pale (r= 500)
- d est le degré d'exposition
- ZI la zone d'impact
- ZE la zone d'effet
- R la longueur de pale maximale envisagée (R= 71 m)
- LB la largeur de la base de la pale (LB= 2,92 m).

Tableau 35 : L'impact de projection de pale ou fragment de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R * LB / 2$ $Z_i = 103,6$  La zone d'impact est de 103,6 m <sup>2</sup>	$Z_e = \pi * r^2$ $Z_e = 785\,398$  La zone d'effet est de 785 398 m <sup>2</sup>	$d = ZI / ZE$ $d = 0,013\%$  Le degré d'exposition du phénomène est inférieur à 1%	Exposition modérée

### VIII.2.4.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 9.1.3., 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 1000 personnes exposées : « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 personnes exposées : « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées : « Important »
- Moins de 10 personnes exposées : « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » : « Modéré »

Le tableau suivant synthétise les types de terrains rencontrés dans les zones d'effet des éoliennes du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau et les hypothèses de calcul associées, d'après le guide de l'INERIS :

Tableau 36 : Hypothèses de calcul pour le risque projection de pale

Projection de pale (rayon de la zone d'effet : 500 m)		
Éoliennes concernées	Ensemble homogène dans le périmètre d'étude	Hypothèse enjeu humain (guide de l'INERIS)
E1 à E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,01 pers./ha
E1 à E3	Terrains aménagés mais peu fréquentés dont les voies de circulation non structurantes (RD non structurantes (hypothèse de 7 m de large), chemins ruraux (hypothèse de 5 m de large), pistes d'accès...)	0,1 pers./ha
E1 et E2	Voies de circulation structurantes (> 2 000 véhicules par jour) – Départementale D70	0,4 pers. par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour

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 37 : Nombre de personnes exposées au phénomène de projection de pale ou fragment de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 500 m autour de chaque éolienne)								
Éolienne	Terrains non aménagés		Terrains aménagés mais peu fréquentés		Voie de circulation structurante		Total	Gravité
	(ha)	epp	(ha)	epp	(ml)	epp		
E1	74,42	0,74	3,26	0,33	859	7,89	8,96	Sérieuse
E2	75,69	0,76	2,28	0,23	573	5,27	6,25	Sérieuse
E3	77,20	0,77	1,34	0,13	-	-	0,91	Modérée

#### VIII.2.4.4 Probabilité

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

**Tableau 38 : Calcul de probabilité pour une rupture de tout ou partie de pale**

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

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

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

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

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

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

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

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

#### VIII.2.4.5 Acceptabilité

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

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

**Tableau 39 : Gravité et niveau de risque en cas de projection de pale ou fragment de pale**

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieuse	Acceptable
E2	Sérieuse	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable

**Ainsi, pour le parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

## VIII.2.5 Projection de glace

### VIII.2.5.1 Considérations générales

La projection de glace est considérée lorsque l'éolienne est en mouvement et que le rotor tourne. Pour le cas de la chute de glace, seuls entrent en compte la hauteur de chute et la vitesse du vent. Pour la projection de glace, la vitesse de rotation intervient en plus.

### VIII.2.5.2 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 propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

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

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

### VIII.2.5.3 Intensité

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

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau.

- d est le degré d'exposition
- ZI la zone d'impact
- ZE la zone d'effet
- R la longueur de pale maximale envisagée (R= 71)
- H la hauteur maximale envisagée pour le moyeu (H= 137)
- SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Tableau 40 : L'impact de projection de morceaux de glace

Projection de morceaux de glace (Dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne, soit 423 m pour les éoliennes Tincey-et-Pontrebeau)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$ $Z_I = 1$	$ZE = \pi \times [1,5 \times (H+2R)]^2$ $Z_E = 562\,122$	$d = Z_I / Z_E$ $d = 0,00018\%$	Exposition modérée
La zone d'impact est de 1 m <sup>2</sup>	La zone d'effet est de 562 122 m <sup>2</sup>	Le degré d'exposition du phénomène est inférieur à 1%	

### VIII.2.5.4 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 9.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

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

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

Le tableau suivant synthétise les types de terrains rencontrés dans les zones d'effet des éoliennes du parc éolien de Tincey-et-Pontrebeau et les hypothèses de calcul associées, d'après le guide de l'INERIS :

Tableau 41 : Hypothèses de calcul pour le risque projection de glace

Projection de glace (rayon de la zone d'effet : 423 m)		
Éoliennes concernées	Ensemble homogène dans le périmètre d'étude	Hypothèse enjeu humain (guide de l'INERIS)
E1 à E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,01 pers./ha
E1 à E3	Terrains aménagés mais peu fréquentés dont les voies de circulation non structurantes (RD non structurantes (hypothèse de 7 m de large), chemins ruraux (hypothèse de 5 m de large), pistes d'accès...)	0,1 pers./ha
E1 et E2	Voies de circulation structurantes (> 2 000 véhicules par jour) – Départementale D70	0,4 pers. par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour

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 42 : Nombre de personnes exposées au phénomène de projection de morceaux de glace

Projection de morceaux de glace (Dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne)								
Éolienne	Terrains non aménagés		Terrains aménagés mais peu fréquentés		Voie de circulation structurante (la route départementale n'est pas concernée car les personnes exposées sont considérées abritées)		Total epp	Gravité
	(ha)	epp	(ha)	epp	(ha)	epp		
E1	53,29	0,53	2,25	0,22	0,67	0	0,76	Modérée
E2	54,05	0,54	1,96	0,20	0,20	0	0,74	Modérée
E3	54,98	0,55	1,23	0,12	-	-	0,67	Modérée

### VIII.2.5.5 Probabilité

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

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

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

### VIII.2.5.6 Acceptabilité

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

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

*Tableau 43 : Gravité et niveau de risque en cas de projection de morceaux de glace*

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 423 m autour de l'éolienne)			
<i>Éolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage</i>	<i>Niveau de risque</i>
<b>E1</b>	Modérée	Oui	Acceptable
<b>E2</b>	Modérée	Oui	Acceptable
<b>E3</b>	Modérée	Oui	Acceptable

**Ainsi, pour le parc éolien Tincey-et-Pontrebeau, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.**

### VIII.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques

#### VIII.3.1 Tableaux de synthèse des scénarii étudiés

Les tableaux présentés aux pages suivantes récapitulent, pour chaque événement redouté retenu, les paramètres de risques :

- La cinétique ;
- L'intensité ;
- La gravité ;
- La probabilité.

Tableau 44 : Paramètres de risques pour le projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau

Projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau					
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne (1)	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale = 200 m	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	Modérée pour les éoliennes E1 à E3
Chute de glace (2)	Zone de survol = 72,5 m	Rapide	exposition modérée	A	Modérée pour les éoliennes E1 à E3
Chute d'élément de l'éolienne (3)	Zone de survol = 72,5 m	Rapide	exposition modérée	C	Modérée pour les éoliennes E1 à E3
Projection de pale (4)	500 m	Rapide	exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	Sérieux pour les éoliennes E1 et E2 et modérée pour E3
Projection de glace (5)	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne = 423 m	Rapide	exposition modérée	B	Modérée pour les éoliennes E1 à E3

#### VIII.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.

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 précédemment sera utilisée.

Tableau 45 : Matrice de criticité

Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	(4) E1 et E2	Jaune	Jaune	Rouge
Modéré	Vert	(1) (4) E3	(3)	(5)	(2)

(1) Effondrement de l'éolienne (2) Chute de glace (3) Chute d'élément de l'éolienne (4) Projection de pale (5) Projection de glace

Tableau 46 : Légende de la matrice de criticité

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- Aucun accident n'apparaît comme non acceptable.
- L'accident chute de glace apparaît en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie VII.6 sont mises en place.

### VIII.3.3 Synthèse des risques au regard de la route départementale D70

La route départementale 70 est située au sein des rayons de dangers de projection de glace et de projection de pales ou fragments de pales des éoliennes E1 et E2.

Les usagers de la RD 70 ne sont pas concernés par le risque de projection de glace car les personnes exposées sont considérées abritées.

Concernant le risque de projection de pales ou fragments de pales, de classe de probabilité « D » : « *S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité* », le niveau de risque a été jugé acceptable suite à l'étude détaillée des risques.

Une étude de probabilité d'effondrement de l'éolienne E1 en direction de la RD 70 est également présentée en annexe. La principale conclusion étant que s'il devait y avoir un effondrement de E1, celui-ci se ferait dans la direction des vents sud-ouest - nord-est, donc parallèlement à la RD 70 et non dans sa direction.

### VIII.4 Cartographie des risques

Les cartes présentées aux pages suivantes font apparaître, pour les scénarii détaillés dans le tableau de synthèse :

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

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en annexe 1. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

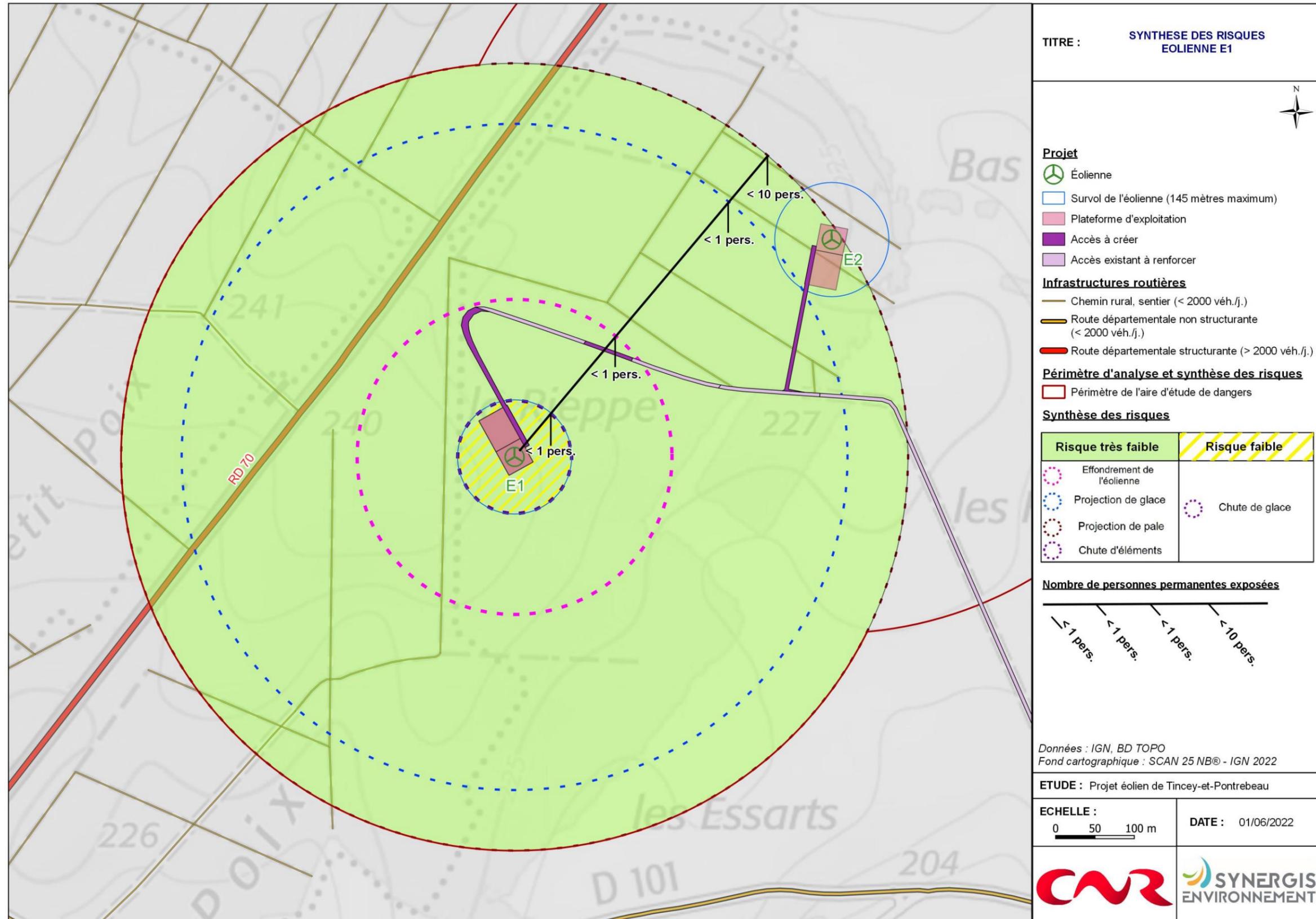


Figure 29 : Synthèse des risques éolienne E1

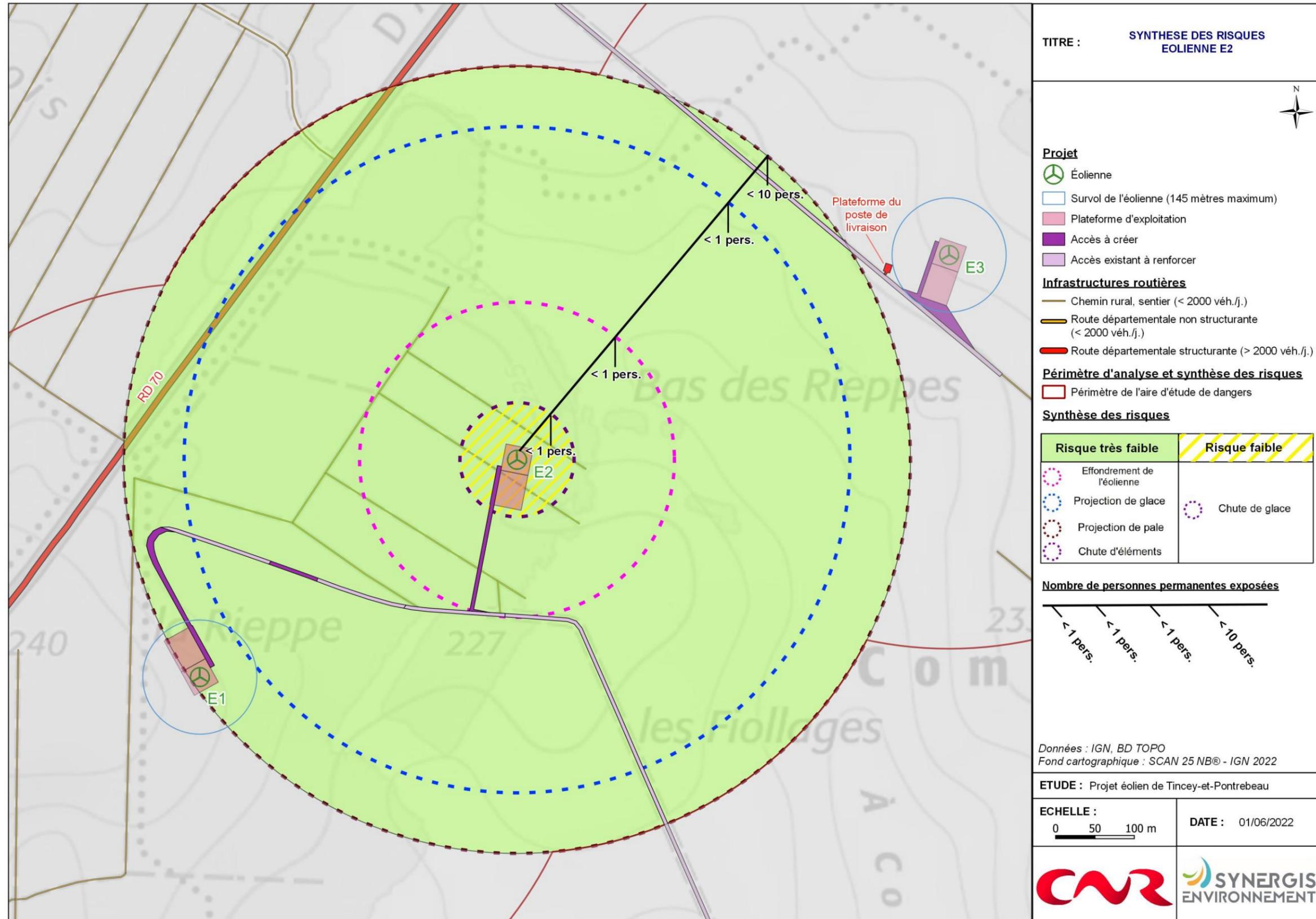
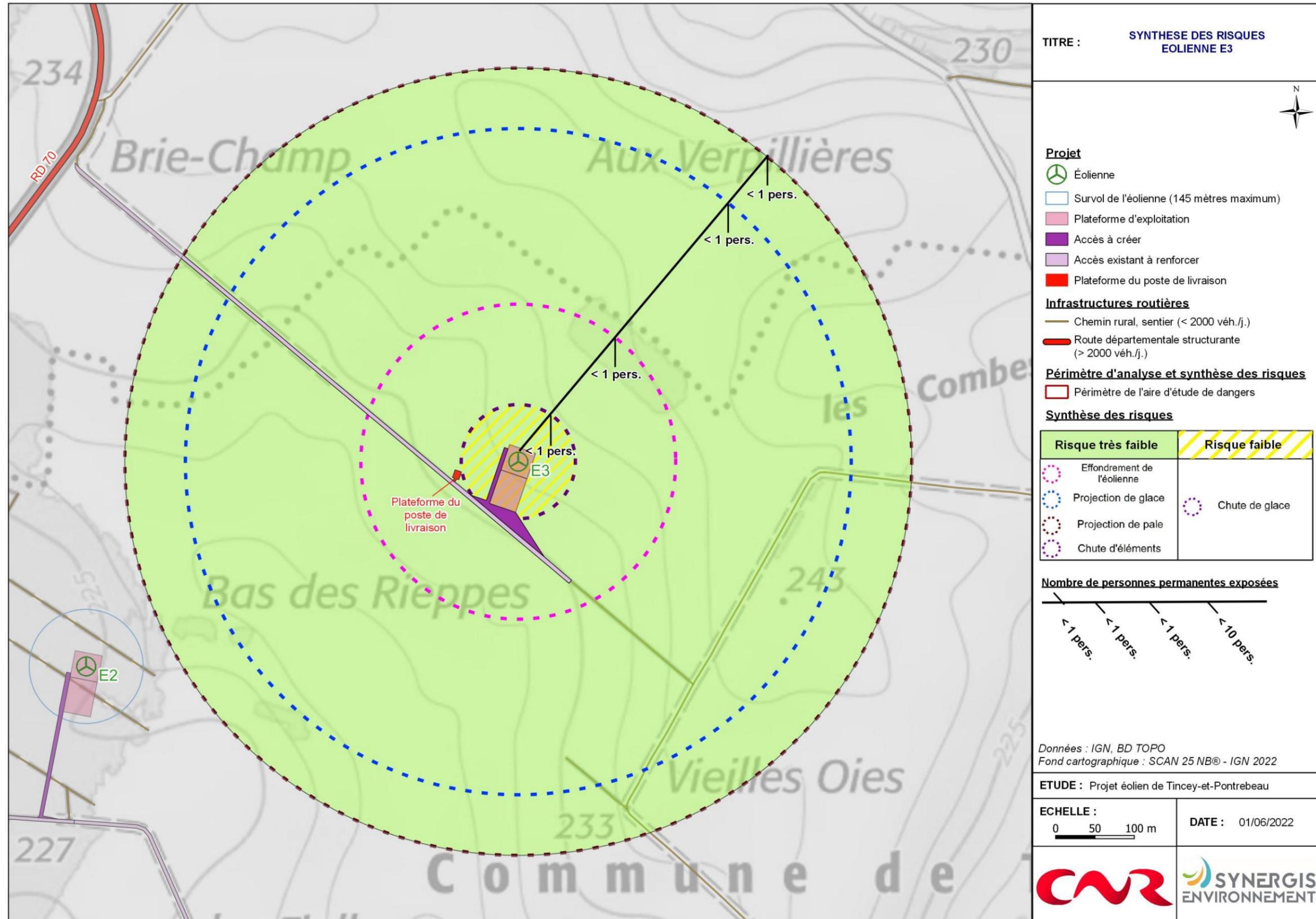


Figure 30 : Synthèse des risques éolienne E2



TITRE : **SYNTHÈSE DES RISQUES ÉOLIENNE E3**



- Projet**
- Éolienne
  - Survol de l'éolienne (145 mètres maximum)
  - Plateforme d'exploitation
  - Accès à créer
  - Accès existant à renforcer
  - Plateforme du poste de livraison
- Infrastructures routières**
- Chemin rural, sentier (< 2000 véh./j.)
  - Route départementale structurante (> 2000 véh./j.)
- Périmètre d'analyse et synthèse des risques**
- Périmètre de l'aire d'étude de dangers

**Synthèse des risques**

Risque très faible	Risque faible
Effondrement de l'éolienne	Chute de glace
Projection de glace	
Projection de pale	
Chute d'éléments	

**Nombre de personnes permanentes exposées**

	< 1 pers.
	< 1 pers.
	< 1 pers.
	< 10 pers.

Données : IGN, BD TOPO  
Fond cartographique : SCAN 25 NB® - IGN 2022

ETUDE : Projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau

ECHELLE : DATE : 01/06/2022



Figure 31 : Synthèse des risques éolienne E3

## IX. CONCLUSION

Aux vues du recensement de l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et 2021, il apparaît que le risque est limité et qu'aucune victime n'a été à déplorer jusqu'à présent. Les éoliennes sont aujourd'hui des structures de plus en plus sûres et fiables. Les constructeurs ont su profiter du retour d'expérience pour améliorer leurs technologies et ainsi limiter les risques d'incident et d'accident.

Les principaux accidents pris en compte dans l'étude sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Scénario	Gravité	Probabilité	Niveau de risque	Acceptabilité
<b>Effondrement de l'éolienne (1)</b>	Modérée	D (pour des éoliennes récentes) <sup>[1]</sup>	Très faible	<b>Acceptable</b>
<b>Chute de glace (2)</b>	Modérée	A	Faible	<b>Acceptable</b>
<b>Chute d'élément de l'éolienne (3)</b>	Modérée	C	Très faible	<b>Acceptable</b>
<b>Projection de pale (4)</b>	Sérieux pour les éoliennes E1 et E2, modérée pour l'éolienne E3	D (pour des éoliennes récentes) <sup>[2]</sup>	Très faible	<b>Acceptable</b>
<b>Projection de glace (5)</b>	Modérée	B	Très faible	<b>Acceptable</b>

**Pour l'ensemble des phénomènes étudiés sur le projet éolien de Tincey-et-Pontrebeau le risque est considéré comme acceptable.**

<sup>[1]</sup> Voir paragraphe VIII.2.1

<sup>[2]</sup> Voir paragraphe VIII.2.4

## X. ANNEXES

### X.1 Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

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

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation, 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.

#### X.1.1 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.

#### X.1.2 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 véhicule/jour) sont déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

#### X.1.3 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.

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

Figure 32 : Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic

#### X.1.4 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.

#### X.1.5 Voies navigables

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

#### X.1.6 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.

#### X.1.7 Logements

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

#### X.1.8 Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

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

#### **X.1.9** 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.

## X.2 Annexe 2 : Tableau de l'accidentologie française

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens en 2011 puis actualisé par le pétitionnaire. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et juillet 2019. L'analyse de ces données est présentée dans la partie 6 de l'étude de dangers.

Tableau 47 : L'ensemble des accidents et incidents connus en France entre 2000 et juillet 2019

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puis- sance (en MW)	Année de mise en ser- vice	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dé- gâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utili- sation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles- Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles- Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles- Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales- Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puis- sance (en MW)	Année de mise en ser- vice	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dé- gâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utili- sation dans l'étude de dangers
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer- Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance : explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacré	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	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Aisne	2,5	2007	Non	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).	Arc électrique		Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	0,66	2000	Non	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		
Chute de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure et Loir	2	2008	Non	L'équipe de maintenance d'astreinte constate à 8 h la chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et la rupture du roulement qui raccordait la pale au hub.	Corrosion et fort vent.	Actu-environnement	-
Effondrement	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	Aude	0,2	1991	non	Des 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.	Vents forts		
Chute d'élément	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5	2011	non	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			
Incendie	05/11/2012	Sigean	Aude	0,66	2000	Non	Un feu se déclare sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien. Des projections incandescentes enflamment 80 m <sup>2</sup> de garrigue environnante. A la suite de la chute d'une pale, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place.	Court-circuit dans l'armoire électrique en pied d'éolienne		
Rupture de pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	0,66	2001	Non	A la suite d'un défaut de vibration détecté, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât.	Echauffement du frein et vitesse de rotation excessive		
Incendie	17/03/2013	Euvy	Marne	2,5	2011	Non	Un feu dans la nacelle d'une éolienne. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols	Défaillance électrique		
Rupture de pale	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	Ardèche	0,9	2008	Non	Un impact de foudre endommage 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.	Foudre		
Maintenance	01/07/2013	Cambon-et-Salvergues	Hérault	1,3	2006	Non	Au cours d'une opération de maintenance dans le hub d'une éolienne (nez qui sert de local technique), un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient.	Dépressurisation d'un accumulateur d'azote sous pression		Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	03/08/2013	Moreac	Morbihan	-	-	-	Perte de 270 L d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance. 25 t de terres polluées sont excavées et envoyés en filière spécialisée.	Défaillance technique	Base ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	2,5	2013	Non	Départ de feu en nacelle à 18h. Suite à l'isolement électrique du parc éolien le feu s'éteint de lui-même à 20h. Le rotor est resté intact mais la nacelle a été détruite, balisage aéronautique inclus. L'aviation civile en a donc été informée. L'éolienne fut par la suite démantelée.	Incident électrique	Base ARIA et presse	-
Rupture de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	2,05	2011	Non	La pale d'une éolienne chute lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne. Certains débris sont projetés à 150 m.	Tempête		
Rupture de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	1,3	2002	Non	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	Défaillance matérielle ou décollage sur les plaques de fibre de verre		
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aisne	2,3	2015	Oui	Un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée.	Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance		
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	2	2011	Non	Un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens.	Défaillance électrique		
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loire	2,5	2007	Non	Un feu se déclare sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur.			
Chute de pales	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	1,5	2007	Non	Chute d'un rotor et des trois pales au pied de l'éolienne.	« Défaut dans l'arbre primaire à l'origine de la rupture » du rotor et des pales.	Est Républicain	-
Chute d'éléments	07/02/2016	Conilhac-Corbieres	Aude	2.3	2014	Non	Rupture et chute au sol de l'aérofrein de l'une des pales. Arrêt à distance de l'ensemble du parc suivi d'une campagne de contrôle des pales, aérofreins et chaînes de sécurité de chaque éolienne.	Rupture d'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein entraînant l'ouverture de l'aérofrein. Rupture de l'axe maintenant l'aérofrein à la pale en raison des fortes charges présentes sur le rotor	Base ARIA	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	0,3	1999	Non	Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne. Une pale chute au sol et une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat.	Tempête		
Chute de pale	05/03/2016	Calanhel	Côtes d'Armor	0,85	2009	Non	Chute de la pale au sol après une nuit de fort vent. Aucun blessé à déplorer, ni homme ni animaux	Défaillance du système d'orientation de la pale	L'Echo de l'Armor et l'Argoat	-
Maintenance	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loir	2,3	2005	Non	un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol.	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse		Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Incendie	10/08/2016	Hescamps	Somme	1	2008	Non	Un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor.	Défaillance électrique		
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	2	2014	Non	Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut	Défaillance électrique		
Maintenance	14/09/2016	Les Grandes Chapelles	Aube	2,3	2009	Non	Un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne			Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Fissure sur une pale	11/01/2017	Le Quesnoy	Nord	-	-	-	Une fissure est constatée sur une pale. L'exploitant arrête l'installation. Réparation de la pale en place.		Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne »	
Rupture de pale	12/01/2017	Tuchan	Aude	0.6	2002	Non	Lors d'un épisode de vents violents (25m/s) les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. Des morceaux de fibre de carbone sont récupérés à 40 m de l'éolienne. L'éolienne était à l'arrêt pour maintenance suite à la casse de son arbre lent.		Base ARIA BARPI, mot clef « mat »	
Chute d'une pale	18/01/2017	Nurlu	Somme	-	-	-	Rupture de 2/3 de la pale. Des débris sont retrouvés à 90 m du mat, les débris les plus lourds sont à moins de 27 m. L'accident est constaté par un particulier. L'exploitant arrête les machines, met le site en sécurité et met en place un périmètre de sécurité autour de la zone.	Tempête	Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne »	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	27/02/2017	Lavallée	Meuse	0,2			La pointe d'une pale d'éolienne se rompt L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne	Un Orage violent		
Rupture de pale	27/02/2017	Trayes	Deux-Sèvres	2	2011	Oui	Les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m.	Impact de la foudre et vent violent		
Incendie	06/06/2017	Le Moulin d'Émanville	Eure-et-Loir	3	2014	Oui	Un incendie se déclare dans la nacelle d'une éolienne. L'incendie s'éteint seul, à la fin de la combustion de la nacelle. L'incendie a été causé par un défaut électrique dans la nacelle.	Défaut électrique	Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne »	
Rupture de pale	08/06/2017	Aussac-Vadalle	Charente	2	2010	Oui	Chute d'une partie d'une pale d'une éolienne suite à un impact de foudre (à 35 cm de l'extrémité, il a entraîné la rupture du bord de fuite puis une déchirure du fragment). Les débris sont tombés dans une zone de 50 à 100m autour du mât de l'éolienne.	Impact de foudre	Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne »	
Chute de pale	24/06/2017	Tambours	Pas de Calais	1,67	2007	Non	Rupture d'une pale d'une éolienne au niveau de la jonction avec le rotor. La pale chute à la verticale, au pied du mat. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m.		Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne »	
Chute d'éléments	17/07/2017	Fécamp	Seine-Maritime	0,9	2006	Non	Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne au pied du mât de 49 m. L'aérofrein défectueux est remplacé. 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.	Desserrage d'une vis anti rotation ayant entraîné la chute de l'aérofrein Problème de montage ou vibration	Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne »	
Rupture d'une pale	05/08/2017	L'Oisière	Aisne	2	2017	Oui	Une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol.		Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne »	
Chute d'éléments	08/11/2017	Roman-Blandey	Eure-et-Loir	2	2010	Oui	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.	L'exploitant conclut que la chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages.	Base ARIA BARPI, mot clef « éolien »	
Effondrement	03/01/2018	Bouin	Vendée	2,5	2003	Non	Suite au passage de la tempête Carmen, l'une des éoliennes du parc a été fracturée à la base de son mât entraînant l'effondrement total de l'aérogénérateur.	Tempête Carmen	Ouest-France	

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
Chute de pale	04/01/2018	Rampont	Meuse	2	2008	Non	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.	Inconnue		
Chute d'éléments	06/02/2018	Conilhac	Aude	2,3	2014	Oui	Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne	Défaut sur l'électronique de puissance	Base Aria	
Défaillance mécanique	08/03/2018	Vaite-Buissières	Doubs	2,78	2016	Oui	Une dent de l'arbre rapide, situé entre le multiplicateur et la génératrice, est cassée. Aucune conséquence n'est relevée sur d'autres composants ou l'environnement.	Le fabricant de l'éolienne détecte un défaut de fabrication au niveau de la couronne dentée de l'arbre rapide : une inclusion de bulle d'air est découverte dans l'acier.	Base Aria	
Rupture d'une pale	10/04/2018	Lou Pioch	Hérault	1	2006	Non	Une tempête soufflait entre 120 et 150 km/h et a cassé la pale d'une éolienne. L'hélice de plusieurs centaines de kilos est brisée en 2.	Tempête	Midi-Libre	
Incendie	01/06/2018	Marsanne	Drôme	2	2008		Une éolienne a été entièrement détruite, et une deuxième semble avoir été également visée par une tentative de mise à feu	Origine criminelle	Site internet Société RES	
Incendie	05/06/2018	Aumelas	Hérault	2	2014		Le feu s'est déclaré sur la partie haute, au niveau du moteur de l'éolienne, et sur la partie basse, au niveau du convertisseur.	Dysfonctionnement électrique	Midi-Libre	
Chute de pale	04/07/2018	Corbières-Maritimes	Aude	0,5	1993	Non	Les extrémités des pales se sont disloquées. Des éléments sont projetés à 150 m du mât après s'être décrochées. L'exploitant met en place un périmètre de sécurité.	Inconnue	Base ARIA	
Incendie éolienne	03/08/2018	Izenave	Ain	2	2018	Oui	Une éolienne a été endommagée par l'incendie volontaire. Le feu a totalement ravagé une nacelle d'éolienne.	Acte criminel	<a href="https://france3-regions.francetvinfo.fr/auvergne-rhone-alpes/ain/bourg-bresse/incendie-parc-eolien-monts-ain-nouvel-acte-volontaire-1521548.html">https://france3-regions.francetvinfo.fr/auvergne-rhone-alpes/ain/bourg-bresse/incendie-parc-eolien-monts-ain-nouvel-acte-volontaire-1521548.html</a>	
Incendie	28/09/2018	Sauveterre	Tarn	2	2009		Un dysfonctionnement électrique est à l'origine de l'incendie sur l'une des éoliennes, le feu se serait ensuite propagé à la végétation alentour.	Dysfonctionnement électrique	La Dépêche	

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
Fuite d'huile	17/10/2018	Le Quint	Somme	2	2017	Oui	Un technicien de maintenance détecte une fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. 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.	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.	Base de données ARIA	
Effondrement	07/11/2018	Mardelle	Loiret	3	2010	Oui	L'éolienne de 90 mètres de haut et de 50 tonnes, s'est écrasée sur le sol sans faire de blessés ni heurter un autre appareil. EDPR France, qui exploite ces éoliennes ignore pour l'instant les causes de la chute.	Le système de freinage aérodynamique de l'éolienne, régulant la rotation du rotor, ne s'est pas enclenché et a ainsi entraîné une rotation trop rapide des pales. Ce fonctionnement anormal a généré une surcharge sur la structure provoquant la chute de la machine	France 3 Centre-Val-de-Loire L'Echo Républicain	
Chute d'éléments	18/11/2018	Cornilhac-Corbières	Aude	2.3	2014	Oui	Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol. 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. L'éolienne s'est arrêtée à la suite de l'ouverture de la chaîne de sécurité.	Défaut probable de conception (un accident similaire est survenu sur ce parc au début 2018)	Base ARIA	
Chute de pale	19/11/2018	Tournevents du COS	Aisne	2,4	2017	Oui	Un bout d'une pale d'une des éoliennes du parc d'Ollezy est tombé en plein champ, ne causant aucune victime.	Inconnue	Le journal de Ham	
Incendie éolienne	03/01/2019	La Limouzinière	Loire Atlantique	2,05	2010	Oui	Le moteur de l'éolienne a pris feu. Le feu a endommagé la nacelle.		Ouest France	
Rupture de pale	17/01/2019	Bambesch	Moselle	2	2007	Oui	Un morceau de l'extrémité d'une pale a chuté au pied du mat de l'éolienne. Le bris et la projection de plusieurs morceaux de pale ont entraîné l'arrêt de l'ensemble du parc éolien.	Inconnue	Le Républicain Lorrain	
Incendie	20/01/2019	Roussas	Drôme	1.75	2006	Non	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.	Base ARIA	
Effondrement	23/01/2019	Boutavent	Oise	1	2011	Oui	L'éolienne s'est pliée en deux. Plusieurs débris ont été retrouvés dans un rayon de 300 m. Les pales tournaient en survitesse pendant plus de 40 minutes jusqu'à ce qu'une des pales commence à se délaminer, provoquant un balourd suffisant pour fatiguer le mât au point de finir par le plier en deux.	Inconnue	Courrier picard	

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
Chute de pale	30/01/2019	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Non	Une pale d'un des aérogénérateurs a chuté au sol. Aucun blessé à déplorer. Une des pales du même parc avait auparavant connu un problème de fixation. Une enquête a été ouverte	Inconnue	L'indépendant	
Fuite d'huile	23/03/2019	Argentonnay	Deux-Sèvres	2	-	-	Une fuite d'huile se produit depuis le multiplicateur d'une éolienne. L'éolienne se met automatiquement à l'arrêt à la suite d'une défaillance au niveau d'un composant tournant du multiplicateur. La majorité de l'huile est contenue dans la partie basse de la nacelle. Le reste s'écoule par débordement le long du mat par l'extérieur jusqu'au socle en béton au pied de l'éolienne.	La rupture d'un composant tournant du multiplicateur est à l'origine de l'incident. Un plan d'intervention pour le remplacement du multiplicateur est mis en place. Son démontage en atelier devrait permettre de découvrir les causes de la rupture du composant.	Base ARIA	
Incendie	18/06/2019	Quesnoy-sur-Airaines	Somme	2.3	2011	Non	Un feu se déclare sur une éolienne du parc. Les équipes de maintenance du site maîtrisent l'incendie. Les pompiers alertés réalisent des contrôles thermiques pour confirmer l'extinction.	D'après la presse, un court-circuit sur un condensateur est à l'origine du sinistre.	Base ARIA	
Incendie	25/06/2019	Kéruel	Morbihan	1,67	2008	Oui	Le feu a pris au niveau du moteur arrière. à environ 80 m de hauteur, alors que les pales mesurent environ 35 mètres. Rapidement les fumées se sont intensifiées et des flammes imposantes ont envahi l'ensemble de l'espace moteur, dans la turbine.	Inconnue	Ouest France	
Rupture de pale	27/06/2019	Charly-sur-marne	Aisne	2.0	2009	Non	Lors d'une maintenance, 2 techniciens constatent qu'une pale d'éolienne présente un angle anormal. Lors de la mise à l'arrêt, le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m, l'autre à 100 m dans l'enceinte du parc éolien. Chaque morceau correspond à une face de la pale. Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place autour de l'éolienne. L'exploitant arrête l'ensemble des éoliennes du parc.	Après expertise de la pale, il est constaté un contact inadéquat de la coque côté extrados et des bords avec l'adhésif du longeron. L'exploitant inspecte l'ensemble des pales du parc éolien en tapant sur chaque pale avec un objet métallique afin de détecter d'éventuelles différences de vibration sur la coque côté extrados sur toute la longueur de pale. Une inspection visuelle ainsi qu'un contrôle du chemin d'évacuation de la foudre de chaque pale sont également réalisées. Aucune autre pale ne présente de défaillance.	Base ARIA	
Rupture de pale	04/09/2019	Escalles	Aude	0.8	2003	Non	L'arrêt d'urgence d'une éolienne se déclenche sans cause identifiée. L'arrêt de l'éolienne est anormalement brutal si bien que deux aérofreins se détachent d'une des pales de l'éolienne, l'un étant retrouvé à 5 m du pied de l'éolienne, l'autre à 65 m.	Cause probable de l'accident non évoquée	Base ARIA	
Chute d'éléments	28/11/2019	Hangest-en-Santerre	Somme	2.0	2015	Oui	Dans un parc éolien, le capot se situant à l'extrémité de la nacelle d'une éolienne se décroche et tombe au sol. L'éolienne concernée ainsi que l'ensemble du parc sont mis à l'arrêt. L'exploitant et l'opérateur de maintenance inspectent l'éolienne et l'ensemble du parc.	Cause probable de l'accident non évoquée	Base ARIA	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	09/12/2019	Theil-Rabier	16	2	2016	Oui	La pale de l'éolienne n°5 s'est brisée en 2 et l'éolienne s'est arrêtée.	À l'issue des premières analyses, on a constaté qu'il n'y pas eu d'emballement du rotor. Le bruit émis étant probablement dû au déséquilibre de la pale dans ses dernières rotations.	Charente Libre	
Incendie	16/12/2019	Santilly	Eure-et-Loire	2.5	2007	Non	De la fumée s'échappe de la nacelle d'une éolienne, les pompiers n'interviennent pas. La nacelle n'est pas brûlée.	L'expert en assurance suppose une combustion sans flamme et estime la température atteinte en nacelle en dessous de 100 °C. Cause probable non évoquée	<a href="https://www.lechorepublicain.fr/santilly-28310/actualites/santilly-les-pompiers-interviennent-pour-de-la-fumee-en-haut-d-une-eolienne_13707912/#refresh">https://www.lechorepublicain.fr/santilly-28310/actualites/santilly-les-pompiers-interviennent-pour-de-la-fumee-en-haut-d-une-eolienne_13707912/#refresh</a>	
Incendie	17/12/2019	Ambonville	Haute-Marne	2	2011	Non	A 14h20, un feu se déclare en partie basse d'une éolienne. Les pompiers interviennent à l'aide d'un extincteur à poudre.	L'origine du départ de feu serait liée à une défaillance électrique.	Base ARIA	
Chute d'éléments	22/01/2020	Saint-Seine-l'Abbaye	Côte d'Or	2	2008	Non	Au cours d'une patrouille de routine à 11 h, un gendarme trouve un joint de pale au pied d'une éolienne. Il contacte l'exploitant par le numéro d'urgence. L'entreprise de maintenance se rend sur place pour récupérer l'équipement. L'incident est sans conséquence, le joint permet principalement de diminuer les turbulences au niveau du rotor. Ce joint de pale avait glissé sur le premier mètre de la pale 2 semaines plus tôt et une intervention était prévue la semaine de l'évènement.	L'évènement est causé par une défaillance du collier de serrage sous dimensionné par rapport aux contraintes dans le temps.	Base ARIA	
Chute de pale	11/02/2020	Montbrehain et Beaufort	Aisne	2.0	2013	Non	Une pale a cédé sous les rafales de vent, débris observés à 100m.	Effet de le tempête Ciara	<a href="https://www.ventdesnoues.org/2020/02/11/la-pale-dune-eolienne-se-brise-a-cause-du-vent-laisne-nouvelle-11-fevrier-2020/">https://www.ventdesnoues.org/2020/02/11/la-pale-dune-eolienne-se-brise-a-cause-du-vent-laisne-nouvelle-11-fevrier-2020/</a>	
Incendie	29/02/2020	Boisbergue	Somme	2.0	2015	Oui	Un feu s'est déclaré dans le tronc de l'éolienne. Il est resté concentré entre le pied et la tête du mât. Les pales n'ont pas été touchées par les flammes. L'éolienne est hors service.	Le feu serait d'origine électrique.	<a href="https://www.francebleu.fr/infos/faits-divers-justice/un-feu-a-l-interieur-du-tronc-d-une-eolienne-a-boisbergues-pres-de-bernaville-1583001669">https://www.francebleu.fr/infos/faits-divers-justice/un-feu-a-l-interieur-du-tronc-d-une-eolienne-a-boisbergues-pres-de-bernaville-1583001669</a>	
Rupture de pale	25/02/2020	Theil-Rabier	16	2	2016	Oui	Une pale d'éolienne s'est brisée, projetant des débris autour du mât. Cet accident fait suite à l'accident du 09/12/2019 sur le même parc éolien. Les 12 éoliennes sont mises à l'arrêt par décision préfectorale.	-	Charente Libre	
Incendie	24/03/2020	La Bouleste	12	2	2010	Oui	La nacelle de la machine a pris feu. 10 pompiers et autant de gendarmes se sont rendus sur place.	Inconnue	La Dépêche	

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
Fuite d'huile	10/04/2020	Ruffiac	56	2	2017	Oui	40 l d'huile s'écoulent le long du mât jusqu'au massif de fondation. La dalle béton et les sols à proximité. La dalle est nettoyée par un lavage haute pression. Pour le traitement des terres, la société envoi 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.	Base de données ARIA	
Incendie	20/04/2020	Le Vauclin	972	0.275	2005	Non	Peu avant 14 h, un feu se déclare sur le générateur d'une éolienne déposée au sol en vue de son démantèlement, dans un parc éolien comportant 4 éoliennes. Le parc est à l'arrêt depuis le début de l'année 2020. L'incendie de l'huile du transformateur électrique se propage aux broussailles à proximité. Les secours ne pouvant intervenir à cause de la présence d'électricité, un technicien de la société propriétaire de l'éolienne se rend sur place pour couper le courant électrique. Ils évitent la propagation de l'incendie aux alentours, puis éteignent l'incendie vers 16 h une fois l'installation mise hors tension	Un court-circuit dû à un manico (famille des marsupiaux) serait à l'origine de l'incendie.	Base ARIA	
Rupture de pale	30/04/2020	Deux-Croix en Plouarzel	29	0,66	2000	Non	La pale a subi une pliure inquiétante, laissant penser qu'elle pourrait casser et tomber au sol.	Inconnue	Vent des Noues	
Chute de pale	27/06/2020	La Ferrière et Plemet	22	2,5	2015	Oui	Une pale d'éolienne s'est écrasée dans un champ après s'être désolidarisée de sa nacelle.	Le mât de l'éolienne présente des rayures qui semblent indiquer que la pale s'est détachée progressivement avant de tomber à son pied.	Actu.fr	
Chute de pale	12/01/2021	Saint-George-sur-Arnon	36	2,5	2011	Oui	Une pale arrachée de son rotor et a endommagé les deux autres pales.	Le dommage aurait été causé par un problème isolé du convertisseur du système d'orientation des pales de l'éolienne Nordex endommagée.	La Nouvelle République	
Chute de pale	11/02/2021	Priez et Courchamps	02	2	2017	Oui	La pale est tombée au pied de l'éolienne et n'a pas provoqué de dégât.	Inconnue	L'Union	
Chute de pale	13/02/2021	Patay	45	2	2007	Non	Une pale se détache d'une éolienne. L'exploitant reçoit une alerte de panne d'orientation de la nacelle mettant à l'arrêt la machine. Des lames de fibres de verre sont retrouvées à 30 m de la machine et des fragments jusqu'à 150 m.	A la suite d'une analyse de l'état de la pale, un tiers expert constate un défaut de collage, soit en termes de répartition de la colle, soit en termes de qualité de la colle.	Base ARIA	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	17/02/2021	Sainte-Rose	974	0.275	2004-2006	Non	Le local de maintenance a pris feu dabs ka nuit.	Inconnue	L'info.re	
Rupture de pale	21/10/2021	Auzay	85	4,2	2021	Oui	Une des neuf éoliennes du parc éolien d'Auzay, à Auchay-sur-Vendée gravement abîmée par la tempête Aurore, qui a balayé l'Ouest de la France la nuit de mercredi 20 à jeudi 21 octobre 2021. L'une de ses pâles est en effet complètement arrachée, elle pend en haut du mât, culminant à 110 mètres. Une partie gît à ses pieds.	Tempête Aurore	Ouest France	

### X.3 Annexe 3 – Scénarii génériques issus de l’analyse préliminaire des risques

Cette partie apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarii 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 8.4. de la trame type de l’étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarii 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 scénarii ci-dessous reprend celle utilisée dans le tableau de l’analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarii 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 scénarii 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).

#### X.3.1 Scénarii relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)

##### Scénario G01

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

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

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

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

##### Scénario G02

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

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

#### X.3.2 Scénarii relatifs aux risques d’incendie (I01 à I07)

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

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

Dans l’analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l’ensemble des 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’emballement du rotor (survitesse). Plusieurs moyens sont mis en place en matière de prévention :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### X.3.3 Scénarii 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 dangers. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

#### Scénario F01

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

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

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance
- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence
- Deux événements peuvent être aggravants :

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.

#### Scénario F02

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

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

- Kits anti-pollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence
- Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits
- Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.
- Événement aggravant : fortes pluies qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

### X.3.4 Scénarii relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)

Les scénarii de chutes concernent les éléments d'assemblage des aérogénérateurs : ces chutes sont déclenchées par la dégradation d'éléments (corrosion, fissures, ...) ou des défauts de maintenance (erreur humaine).

Les chutes sont limitées à un périmètre correspondant à l'aire de survol.

### X.3.5 Scénarii 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'emballlement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballlement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarii incendies).

#### Scénario P01

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

#### Scénario P02

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

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

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

#### Scénarii 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.

### X.3.6 Scénarii relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E1 à E3)

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, ...

## X.4 Annexe 4 – Glossaire

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Potentiel de dangers (ou « source de dangers », ou « élément dangereux », ou « élément porteur de dangers »)** : 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 dangers » 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 dangers (ou potentiel de dangers), 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 scénarii peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant de scénarii qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarii d'accident obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse de risque utilisées et des éléments disponibles.

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

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

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

**Survitesse** : Vitesse de rotation des parties tournantes (rotor constitué du moyeu et des pales ainsi que la ligne d'arbre jusqu'à la génératrice) supérieure à la valeur maximale indiquée par le constructeur.  
Enfin, quelques sigles utiles employés dans le présent guide sont listés et explicités ci-dessous :

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

**SER** : Syndicat des Énergies Renouvelables

**FEE** : France Énergie Éolienne

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

**EDD** : Etude de dangers

**APR** : Analyse Préliminaire des Risques

**ERP** : Etablissement Recevant du Public

## X.5 Annexe 5 – Bibliographie et références utilisées

Alpine test site Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.

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

Arrêté du 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

Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne

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

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

Guide technique de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens, mai 2012, INERIS, FEE

L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011

NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006

Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005

Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006

Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteutrois J.-P. - juillet 2004

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

Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24

Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieursgesellschaft, 2004

Tincey-et-Pontrebeau, Probabilité d'effondrement de l'éolienne T1 en direction de la RD70, Hrafinkel, 02.11.2021

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

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

Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum

## X.6 Annexe 6 – Probabilité d’atteinte et Risque individuel

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

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

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

**PERC** : probabilité que l’événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

**Porientation** : 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)

**Protation** : probabilité que l’éolienne soit en rotation au moment où l’événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment)

**Patteinte** : 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)

**Pprésence** : 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.

*Tableau 48 : Les probabilités d’atteinte en fonction d’événement redouté*

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

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

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

**X.7 Annexe 7 – Probabilité d’effondrement de l’éolienne E1 en direction de la RD**  
**70**

# Tincey-et-Pontrebeau

## Probabilité de d'effondrement de l'éolienne T1 en direction de la RD 70



Établi pour	Synergis
Date	2021-11-02
Référence	probabilite_effondrement_T1_Tincey-et-Pontrebeau_20211102
Version	v1
Contenu	Tincey-et-Pontrebeau : contribution à l'étude de danger - risque de défaillance structurelle de l'éolienne T1 ; distance par rapport à la RD 70
Auteurs	Ana Knittel, Clemens Rometsch, Arnulf Knittel Hrafinkel, 13 rue de Savigny, F-52500 Pressigny Tel (+33) 641 67 20 31 ; e-mail : <a href="mailto:arnulf.knittel@hrafinkel.com">arnulf.knittel@hrafinkel.com</a>
Révisé	Christina Ullrich, Clemens Rometsch
Approuvé	Arnulf Knittel
Confidentialité	-
Distribution	CN'AIR / Synergis

Date	Révision
2021-11-02	version 1

TABLE 1 – Révision

## Table des matières

<b>1 Synthèse</b>	<b>4</b>
<b>2 Quantification</b>	<b>6</b>
2.1 Distance route-éolienne par direction . . . . .	6
2.2 Vents extrêmes – périodes de retour . . . . .	7

# 1 Synthèse

Dans le cadre de l'évaluation du site selon la norme FR EN 61400-1 il a été prouvé, entre autres, que le vent cinquantennal à Tincey-et-Pontrebeau est inférieur à la vitesse de vent admissible pour les types d'éoliennes prévus. Au delà de cette exigence législative, cette étude tente à estimer la période de retour de la vitesse de vent susceptible d'effondrer les éoliennes sur ce site. Puis elle juxtapose cette période de retour aux 50 ans à laquelle correspond le niveau de sécurité ciblé par les normes harmonisées, puisque : plus la première est longue par rapport à la dernière, plus le niveau de fiabilité structurelle est élevé.

Le conseil départemental exige une distance minimale de 1,5 fois la hauteur totale d'une éolienne par rapport à une route départementale – donc 300 mètres dans le cas des éoliennes envisagées qui ont une hauteur totale de 200 mètres. Or, l'implantation de l'éolienne T1 du projet éolien Tincey-et-Pontrebeau est prévue à seulement 250 mètres à l'est du bord de la route départementale RD 70. En cas de renversement dans la direction la plus défavorable, vers l'ouest, ils resteront toujours 50 mètres jusqu'au bord de la route, si l'épave de l'éolienne reste intègre. Pour un effondrement dans cette direction, il faudrait que la rafale extrême dépassant l'état-limite ultime de conception des éoliennes parvienne du sud-est. Les vents extrêmes de ces directions sont moins forts que ceux du sud-ouest, qui sont levés par des synopsies océaniques à très grande échelle.

La règle générale du conseil départemental pour les distances minimales ne distingue pas si l'éolienne se situe *au vent* extrême par rapport à la route, ou *sous le vent*. Il est démontré que pour le cas particulier de l'éolienne T1 à Tincey-et-Pontrebeau, la carrossabilité de la RD 70 ainsi que la sécurité du public y circulant restera garantie face au risque de renversement de l'éolienne. Même si l'éolienne était située encore plus proche de la route, cette garantie persisterait pour les raisons suivantes :

- ★ le régime éolien à Tincey-et-Pontrebeau est bien plus clément que le régime de vent pour lequel l'éolienne est conçue et certifiée selon la norme NF EN 61400-1 ;
- ★ la situation de l'éolienne sous le vent par rapport à la RD 70, à l'égard des vents les plus forts ;
- ★ la rose des vitesses des vents extrêmes, estimées (i) par Eurocode 1-1-4 et (ii) l'extrapolation extrême des observations anémométriques in-situ ;
- ★ l'adhérence à l'article 6 de l'arrêté du 22 juin 2020 <sup>1</sup> assure que l'éolienne est conçue, exécutée et certifiée explicitement selon la norme NF EN 61400-1.

Il s'avère que la rafale maximale pour laquelle l'éolienne est conçue à résister, a une période de retour bien au delà des 5000 ans pour les vents de l'est et de 500 ans pour les vents de

1. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042056014/>

sud-ouest. Ceci est bien au delà de la période de retour normative de 50 ans pour laquelle les normes Eurocode et FR EN 61400-1 ciblent à une probabilité d'avarie structurale entre  $10^{-4}$  et  $10^{-5}$ . La probabilité que l'éolienne subit une avarie structurelle pendant sa vie de service de 20 ans est par conséquent bien au delà de 1 sur 10.000 à 100.000, donc bien au delà de la probabilité admissible ciblée par les normes harmonisées. Par conséquent, d'un point de vue des risques par vent extrême, il est admissible d'implanter une éolienne certifiée classe III A selon la norme FR EN 61400-1 à 250 mètres - voire encore plus proche - à l'est de la RD 70.

Selon notre connaissance, deux décennies d'opération d'éoliennes proches à des routes à grande circulation en Europe n'ont infligé aucun dommage, ce qui semble corroborer l'efficacité des normes harmonisées en vigueur.

## 2 Quantification

### 2.1 Distance route-éolienne par direction

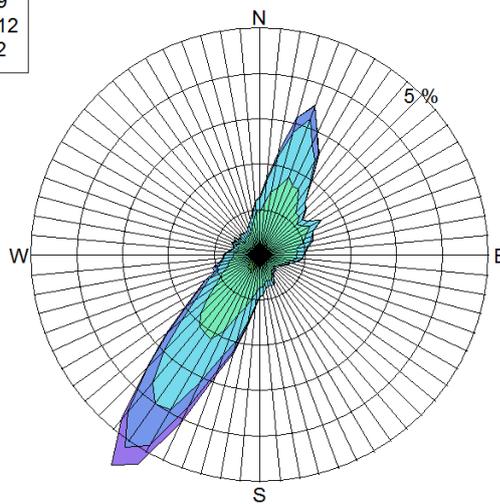
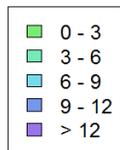
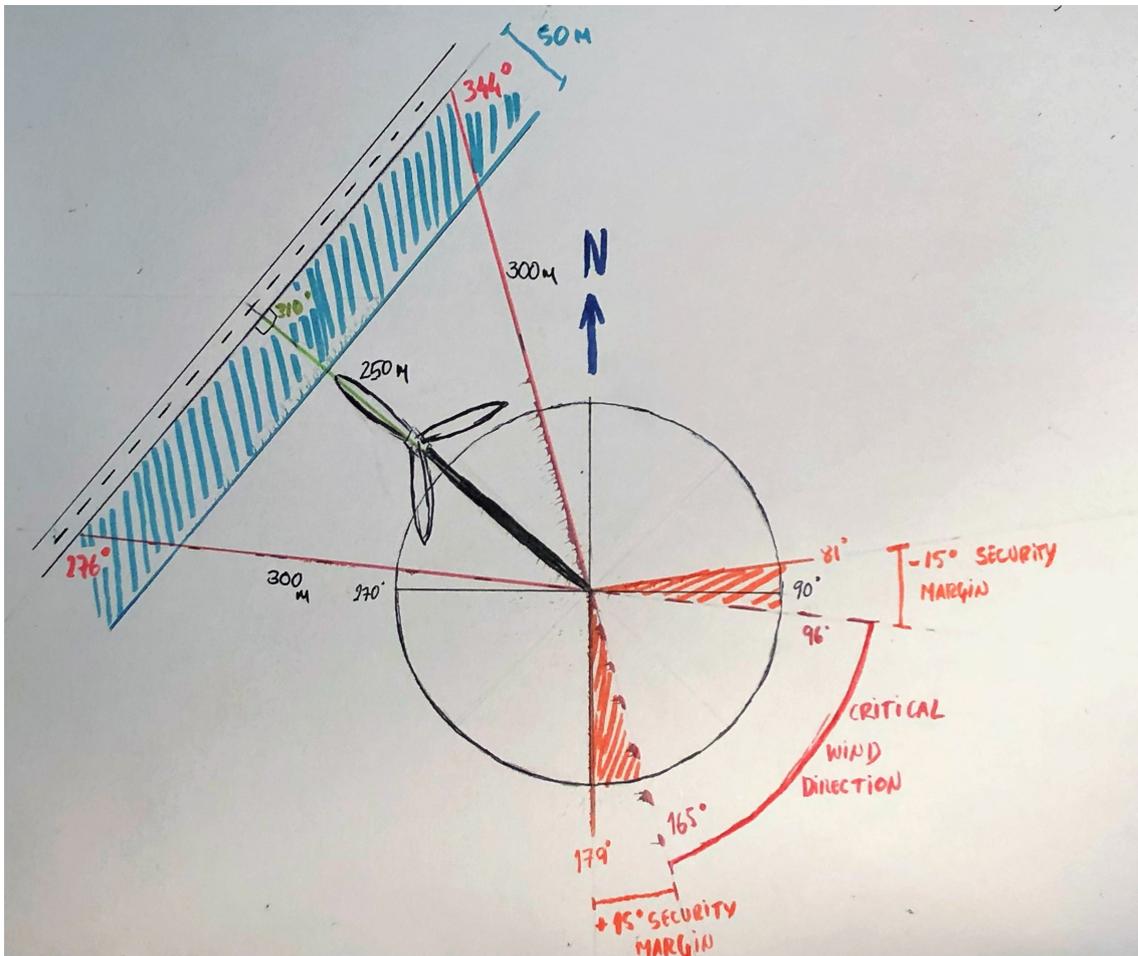


FIGURE 1 – Implantation de l'éolienne T1 à 250 mètres du bord de la RD 70 et rose des vents à la hauteur du moyeu ; le secteur critique est marqué des vents faibles et rares

A proximité de l'éolienne T1, la RD 70 est orientée à  $40^\circ$  par rapport au Nord. Le *secteur d'intérêt* ici, dans lequel la distance du pied de l'éolienne à la RD 70 est inférieure à 300 mètres, est décrit par le triangle isocèle de hauteur *250 mètres*, des cotés *300 mètres*, et les angles  $\alpha$  et  $\beta$  à sa pointe.

Des relations  $\cos(\alpha) = \cos(\beta) = 250/300$  ressortent les angles  $\alpha$  et  $\beta$  à  $\arccos(250/300)$ , : environ  $34^\circ$  chacun.

Le *secteur d'intérêt* particulier s'étend sur  $(270+40 \pm 34)^\circ$ , notamment de  $276^\circ$  à  $344^\circ$  par rapport au Nord en convention géographique. Le secteur des vents susceptibles à renverser l'éolienne dans ce secteur se situe à l'opposé ; il s'étend de  $96^\circ$  à  $164^\circ$ . Par prudence, nous élargissons ce secteur des vents par une marge de sécurité de  $15^\circ$  de chaque côté et nous obtenons ainsi le secteur de  $81^\circ$  à  $179^\circ$  à l'instar des règles de l'Eurocode 1-1-4.

## 2.2 Vents extrêmes – périodes de retour

Les éoliennes prévues pour le parc de Tincey-et-Pontrebeau appartiennent à la classe III A selon la norme NF EN 61400-1. Elles sont conçues pour résister à un vent cinquantennal de  $V_{ref} = 37,5$  m/s en moyenne sur 10 minutes et à la hauteur de moyeu, et pour une rafale d'une durée de 3 secondes de  $V_{e50} = 52,5$  m/s avec une probabilité de défaillance de  $10^{-5}$  à  $10^{-4}$  2.

**Vent cinquantennal – estimation selon Eurocode 1, NF EN 1991-1-4 : 2005** Cette estimation donne pour le canton de Dampierre-sur-Salon une vitesse de 30 m/s à hauteur de moyeu de 134 mètres.

Pour des vents de l'Est de  $10^\circ$  à  $150^\circ$ , et pour la France métropolitaine de latitude moyenne, la norme permet un abaissement par le coefficient  $c_d$  de 0,7. La vitesse caractéristique est donc de 21 m/s pour ce secteur.

### Vent cinquantennal – estimation par régression de distribution extrême Gumbel

Puisque le secteur d'intérêt s'étend au delà des  $150^\circ$ , limite du secteur d'abaissement selon l'Eurocode, jusqu'à  $179^\circ$ , nous étudions les vents extrêmes par une régression Gumbel des valeurs extrêmes sur base :

---

2. Les états-limites ultimes des cas de charge par vent extrême selon NF EN 61400-1, notamment 6.1 à 6.4 et 8.2, sont associées à la valeur cible des Eurocodes pour l'indice de fiabilité  $\beta$ , environ 3,8, ce qui correspond à une probabilité de défaillance de  $10^{-5}$  à  $10^{-4}$ . Les normes sont harmonisés quant aux coefficient partiels et par conséquence au niveau de sécurité ciblé.

1. de l'anémographe de ré-analyse NCEP pour le nœud N46.67/E5.63, proche de Lons-le-Saunier ;
2. de l'anémographe de ré-analyse NCEP pour le nœud N48.57/E5.63, proche de Toul ;
3. de l'anémographe pour 134 mètres synthétisé par classification linéaire des observations in-situ à Tinçey-et-Pontrebeau, sur base des observations LiDAR et celles au mât de mesures (tous secteurs et secteur critique uniquement) ;
4. de l'anémographe observé à 50 mètres au mât de mesures in-situ, projeté à 134 mètres .

Les estimations suivantes sont issues de l'animation du modèle numérique du site du parc éolien Tinçey-et-Pontrebeau par le modèle fluïdo-dynamique sous WASP-engineering 2.0.

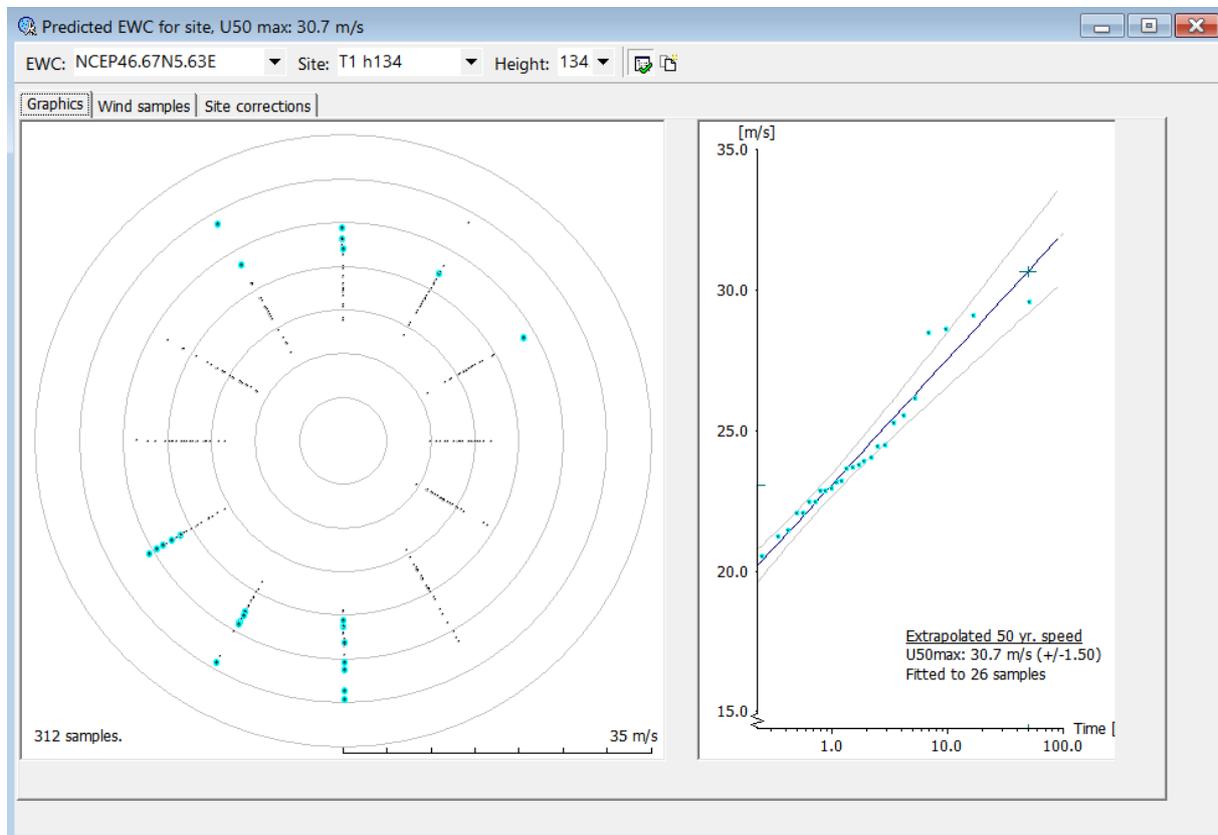


FIGURE 2 – Rose des vents extrêmes et régression Gumbel issues de la ré-analyse NCEP pour le nœud N46.67/E5.63 (proche de Lons-le-Saunier), tous secteurs

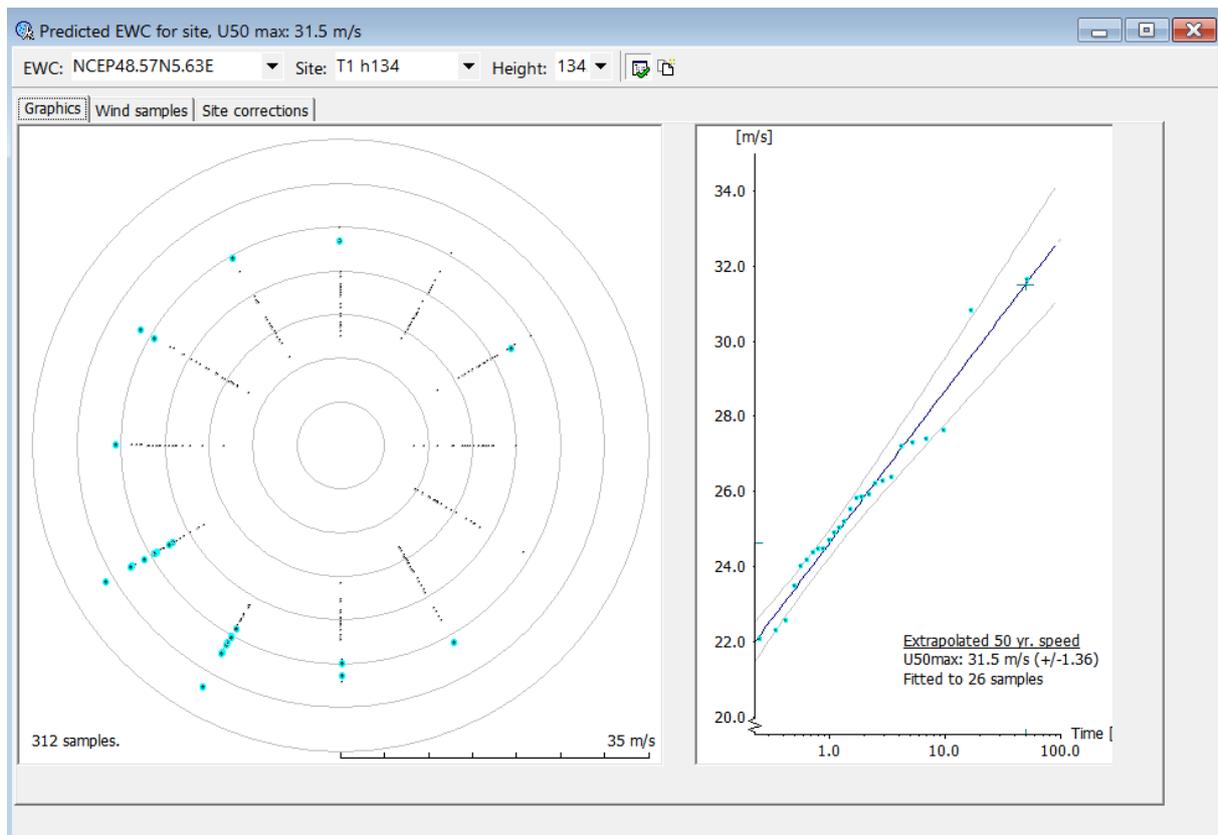


FIGURE 3 – Rose des vents extrêmes et régression Gumbel issues de la ré-analyse NCEP pour le nœud N48.57/E5.63 (proche de Toul), tous secteurs

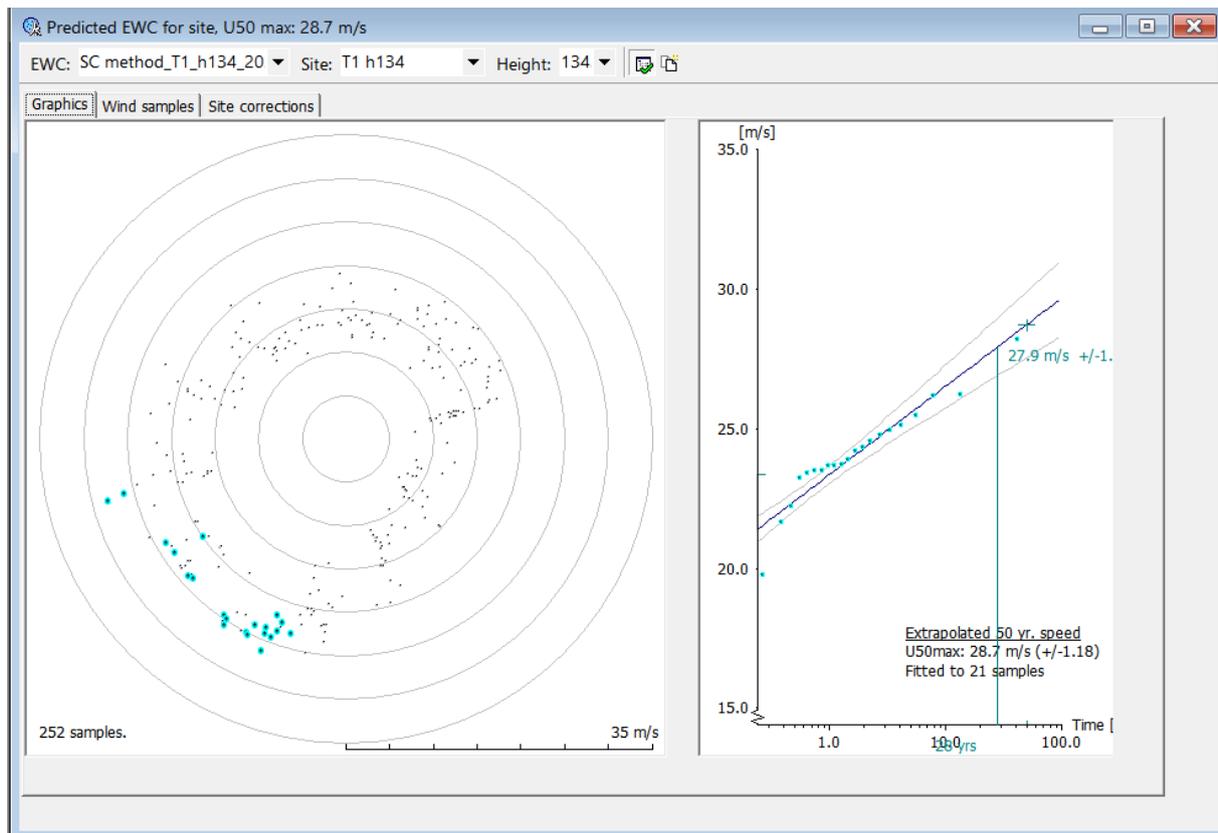


FIGURE 4 – Rose des vents extrêmes et régression Gumbel issues de l'anémographe pour 134 mètres du sol, synthétisée des observations du Lidar et du mât à Tincey-et-Pontrebeau, tous secteurs

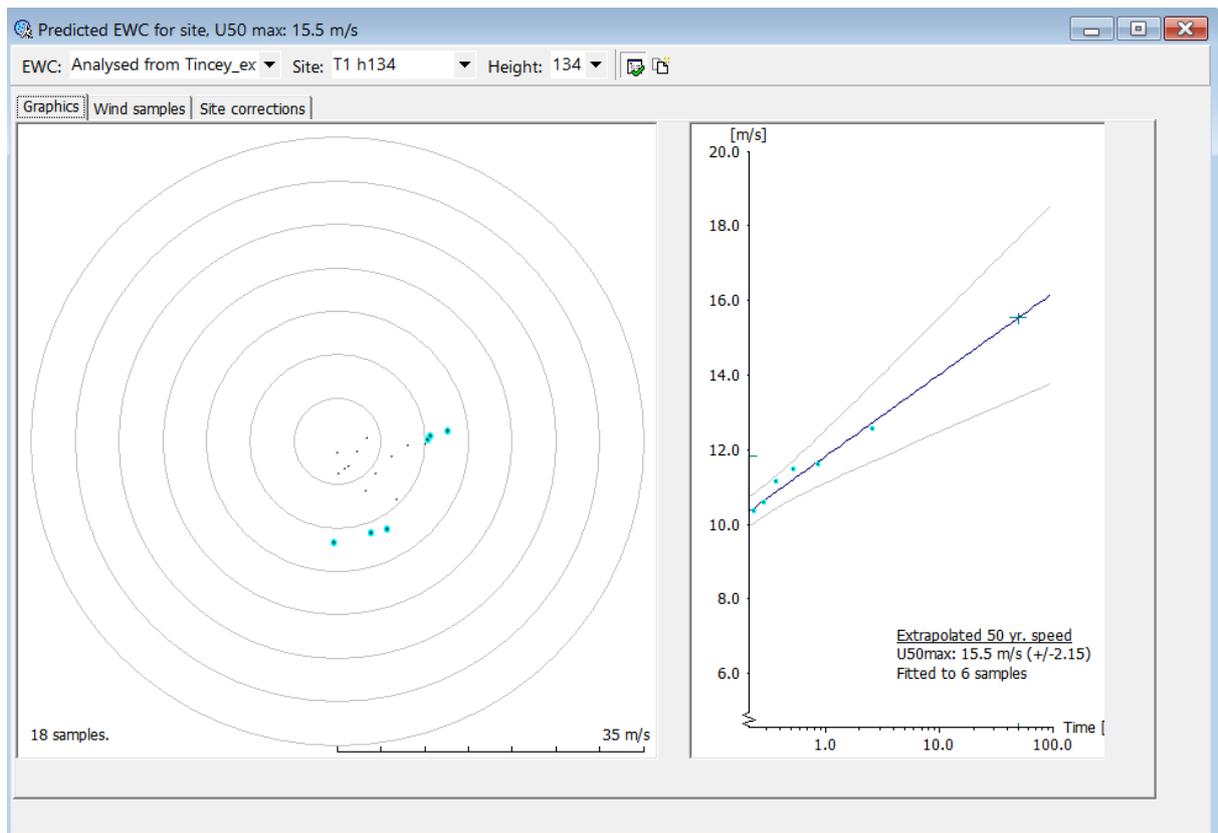


FIGURE 5 – Rose des vents extrêmes et régression Gumbel issues de l'anémographe observé à 50 mètres au mât de Tincey-et-Pontrebeau, extrapolé à la hauteur de 134 mètres par le modèle fluïdo-dynamique, secteur Est seulement

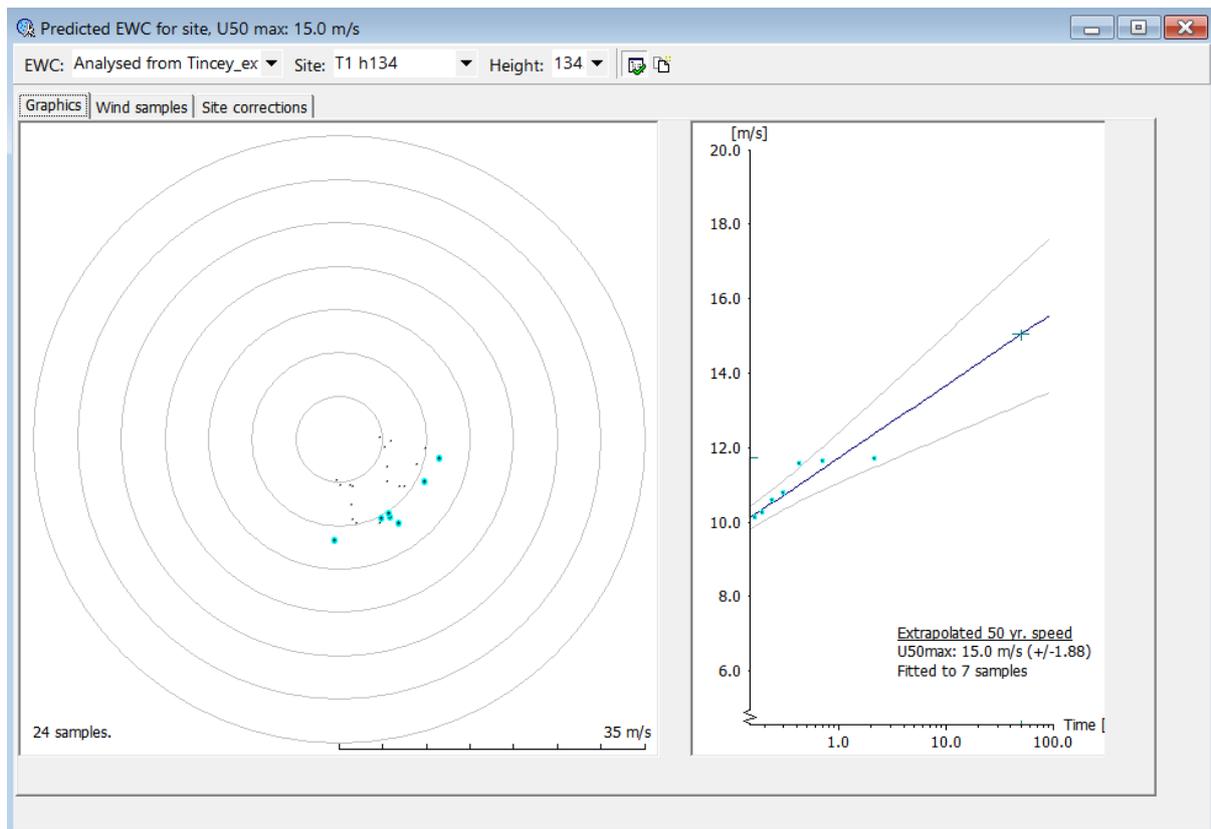


FIGURE 6 – Rose des vents extrêmes et régression Gumbel issues de l’anémographe synthétique pour 134 mètres ; base : observations au LiDAR et au mât de Tincey-et-Pontrebeau, secteur Est seulement

**Sommaire des estimations – vent cinquantennal** Les estimations de vent cinquantennal sont :

Méthode et source	vent cinquantennal à 134 m, tous secteurs [m/s]	vent cinquantennal, secteur Est 81° à 179° [m/s]
Eurocode 1-1-4, Canton de Dampierre-sur-Salon	30,0	21,0 (10° à 150°)
WASP/Gumbel, réanalyse NCEP Lons-le-Saunier, surface	30,7 ± 1,5	–
WASP/Gumbel, réanalyse NCEP Toul, surface	31,5 ± 1,4	–
WASP/Gumbel, anémographe synthétique LiDAR / mât, 134 mètres	28,7 ± 1,2	15,0 ± 1,9
WASP/Gumbel, anémographe mât, 50 mètres	–	15,5 ± 2,2
Moyenne quadratique	30,2	17,4

TABLE 2 – Sommaire des estimations du vent cinquantennal

Les estimation se corroborent mutuellement. Comme souvent, les estimations issues de la régression Gumbel restent derrière celles de la ré-analyse et de l’Eurocode. Puisque l’action ne correspond pas linéairement à la vitesse  $v$  mais à son carré, la pression dynamique

$p = (\delta/2)v^2$ , nous amalgamons les estimations par moyennement quadratique ce qui donne plus de poids aux hautes valeurs.

Pour tous les secteurs, la rafale de 3 secondes cinquantennale à 134 mètres est estimée à 43,2 m/s par l'Eurocode. L'estimation la plus défavorable issue de l'évidence de ré-analyse et des mesures in-situ rend 43,9 m/s, ce qui est bien en-dessous de la rafale de conception de 52,5 m/s, notamment par 32 %, et 30 % respectivement, en termes de pression dynamique.

Pour le secteur de 10° à 150° l'Eurocode rend 30,2 m/s tandis que les autres évidences indiquent 21,7 m/s<sup>3</sup>. Toutes ces estimations sont bien en-dessous de la rafale d'état limite ultime de l'éolienne, notamment par 67 %, et 83 % respectivement, en termes de pression dynamique.

Ces marges sont une mesure du niveau de sécurité, en complément à celui admissible par les règles en vigueur.

**Période de retour de la vitesse d'état limite  $V_{ref}$  – estimations** Le niveau de sécurité élevé concernant le renversement de l'éolienne T1 est aussi démontré par la période de retour lors de laquelle le vent d'état limite de l'éolienne  $V_{ref} = 37,5$  m/s est susceptible d'être rencontré au moyeu de la T1 de Tincey-et-Pontrebeau :

Pour l'évidence sur base de régression Gumbel, la période de retour  $T_{r,37,5}$  est définie par l'équation linéaire des graphes logarithmique-linéaires ci-dessus. La vitesse extrême  $v_r$  à attendre lors de la période de  $r$  années est :

$$v_r = v_1 + \left[ \frac{v_{50} - v_1}{\log(50)} \right] \log(r) \quad (1)$$

où  $v(T_1)$  dénote la vitesse extrême annuelle ainsi que l'indice.

La période de retour  $r$  (en années) à laquelle appartient la vitesse  $v_r$  est donc :

$$r = \frac{v_r - v_1}{\left[ \frac{v_{50}}{\log(50)} - \frac{v_1}{\log(50)} \right]} \quad (2)$$

Substituant  $v_r$  par la vitesse d'état limite ultime de l'éolienne  $V_{ref} = 37,5$  m/s, on obtient les périodes de retour du tableau 3.

Pour l'estimation selon Eurocode 1 NF EN 1991-1-1-4 la période de retour est estimée comme l'inverse de la probabilité de la transgression annuelle  $c_{prob}$  selon l'équation de la norme

$$c_{prob} = \left[ \frac{1 - K \cdot \ln(-\ln(1 - p))}{1 - K \cdot \ln(-\ln((0,98)))} \right]^n \quad (3)$$

---

3. 15,5 · 1,4

avec les paramètres  $K = 0,15$  et  $n = 0,5$  selon le document d'application nationale pour la France pour  $c_{prob} > 0,02$  (périodes de retour  $< 50$  ans). Pour le paramètre  $K$  nous avons pris  $0,2$ , recommandé par la version générale de l'Eurocode 1-1-4 ce qui rend des valeurs plus conservatrices pour le coefficient de vitesse  $c_{prob}$  pour  $c_{prob} < 0,02$  (périodes de retour  $> 50$  ans).

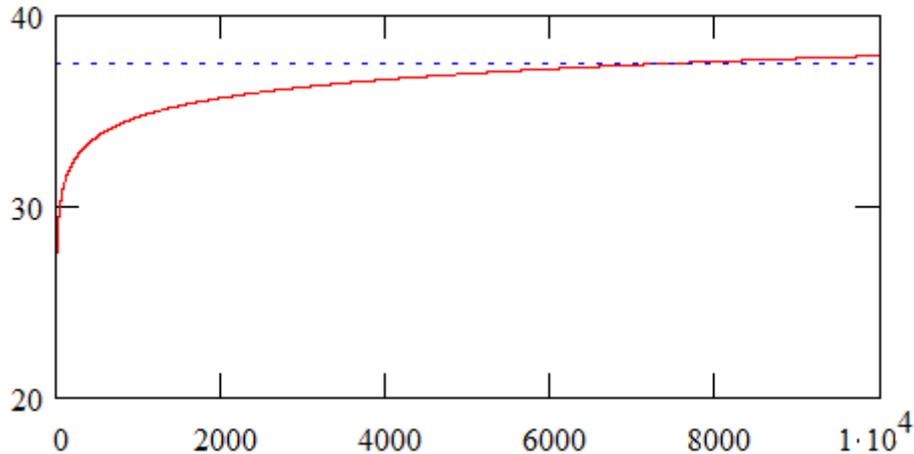


FIGURE 7 – Vitesse moyenne [m/s] par rapport à la période de retour [ans] selon équation 3 de l'Eurocode 1-1-4, pour tous secteurs ; la ligne bleue horizontale signifie  $V_{ref} = 37,5$  m/s pour la classe IEC III A

Méthode et source	période de retour pour $V_{ref} = 37,5$ m/s, tous secteurs [ans]	période de retour pour $V_{ref} = 37,5$ m/s, secteur Est de $81^\circ$ à $179^\circ$ [ans]
Eurocode 1-1-4, Canton de Dampierre-sur-Salon	$\approx 7500$	( $10^\circ$ à $150^\circ$ )
WAsP/Gumbel, réanalyse NCEP Lons, surface	$\approx 650$	–
WAsP/Gumbel, réanalyse NCER Toul, surface	$\approx 550$	–
WAsP/Gumbel, anémographe synthétique LiDAR / mât, 135 mètres	$\approx 5500$	$\approx 10^6$
WAsP/Gumbel, anémographe mât, 50 mètres	–	$\approx 10^9$

TABLE 3 – Sommaire des estimations des périodes de retour

A hauteur de moyeu de l'éolienne T1 de Tincey-et-Pontrebeau, la vitesse d'état limite ultime de l'éolienne correspond à des périodes de retour bien plus longues que les 50 ans exigés par la norme FR EN 61400-1. Plus cette période de retour est longue, plus le niveau de sécurité envers la défaillance structurelle de l'éolienne est élevé. On pourrait raisonner de manière simpliste que la probabilité que l'éolienne T1 de classe IEC III sera renversée est divisée par au moins 10 par rapport à la valeur cible de la norme qui est de  $10^{-5}$  à  $10^{-4}$  et ceci pour tous les secteurs. Cette probabilité est divisée par au moins 10000 pour les vents qui pourraient renverser l'éolienne T1 en direction de la RD 70.

Ces derniers chiffres ne sont valides que pour les vents synoptiques. Le risque particulier de renversement en direction de la RD 70 par une tornade sévère est très localisé et il semble plus haut que le risque par vent d'origine synoptique : notamment de l'ordre de  $10 \text{ km}^2/a$  multiplié par 20 *a* divisé par la superficie de la France métropolitaine  $550.000 \text{ km}^2 \approx 3,6 \cdot 10^{-4}$  sur la durée de service nominale de 20 ans<sup>4</sup>.

---

4. Citation de document national d'application de l'Eurocode 1, NF EN 1991-1-1-4/NA : « Les tornades ne sont pas considérées dans cette norme. Ces phénomènes tourbillonnaires sont caractérisés par des vitesses de vent très élevées (par exemple 100 m/s) autour d'une zone en forte dépression. Ils causent des dommages très importants aux constructions qu'ils atteignent, mais la zone touchée est relativement limitée (par exemple 100 m de largeur sur 10 km de longueur, soit  $1 \text{ km}^2$ ). La fréquence de ces phénomènes n'est pas négligeable en France (de l'ordre d'une tornade destructrice par an), mais le risque annuel en un lieu donné est très faible. C'est pourquoi les tornades sont ignorées dans cette norme, comme elles l'étaient dans les règles de calcul précédentes. »

**X.8 Annexe 8 – Etude d'impact sur la base ULM à accès privé de Tincey-et-Pontrebeau (LF7025) de l'implantation du projet éolien CNR.**

	<b>Rapport Technique</b> Etude d'impact EOL-CNR_TSR	V2-0	
		2022-01-29	

---

# Rapport Technique

## Etude d'impact

---

Etude d'impact sur la base ULM à accès privé de Tincey et Pontrebeau (LF7025) de l'implantation du projet éolien CNR.

		Fonction	Nom	Date	Signature
	Rédigé par	Concepteur de procédure	Stéphane <b>LETRILLARD</b>	2022-01-29	
	Vérifié par	Directeur Ligne de Développement ANS	Loïc <b>GIROUD</b>	2022-01-29	
	Validé par				

Ce document contient 12 pages.

## Sommaire

<b>1</b>	<b>CONTEXTE DE L'ÉTUDE</b> .....	<b>3</b>
1.1	OBJET DU DOCUMENT .....	3
1.2	DOCUMENTS APPLICABLES ET/OU DE RÉFÉRENCE .....	3
<b>2</b>	<b>DONNEES</b> .....	<b>3</b>
2.1	COORDONNÉES DU PROJET ÉOLIEN.....	3
2.2	DONNÉES AÉRONAUTIQUES .....	4
2.3	DONNÉES PLATEFORME.....	4
2.4	DONNÉES OBSTACLES TIERCES .....	4
2.5	LOGICIEL UTILISÉ .....	4
<b>3</b>	<b>IMPACT SUR LA BASE ULM</b> .....	<b>5</b>
3.1	PROTECTION DU CIRCUIT D'AÉRODROME .....	5
3.2	POLYGONE D'IMPLANTATION .....	6
3.3	POSSIBILITÉ D'AMÉNAGEMENT .....	8
<b>4</b>	<b>ANALYSE SUR LA CIRCULATION AÉRIENNE</b> .....	<b>10</b>
4.1	CAS PARTICULIER DE L'INTÉGRATION DANS LE CIRCUIT DE PISTE.....	10
4.2	CAS PARTICULIER DES DÉPARTS VFR .....	10
<b>5</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>GLOSSAIRE</b> .....	<b>12</b>

## TABLEAU DES ILLUSTRATIONS

<b>Figure 2-1 : Localisation du polygone</b> .....	<b>3</b>
<b>Figure 3-1 : Surface de Protection de la piste</b> .....	<b>5</b>
<b>Figure 3-2 : Polygone d'implantation</b> .....	<b>6</b>
<b>Figure 3-3 : Altitudes possibles d'implantation</b> .....	<b>7</b>
<b>Figure 3-4 : Aménagement circuit de piste</b> .....	<b>8</b>
<b>Figure 3-5 : Vue Google Earth Aménagement circuit de piste</b> .....	<b>9</b>

## Historique des modifications

Date	Version	Auteur	Page	Commentaires
2019-08-05	0-1	LTD	Toutes	Création
2019-08-06	0-2	LTD	Toutes	Modification après Vérification
2019-08-21	1-0	LTD	Toutes	Livraison
2019-09-12	1-1	LTD	10	Correction après lecture client
2022-01-29	2-0	GRD	Toutes	Modification avec implantation finale

## 1 CONTEXTE DE L'ETUDE

### 1.1 Objet du document

La société CNR a fait appel à CGX AERO pour évaluer l'impact d'implantation d'éoliennes sur la base ULM à accès privé de Tincey et Pontrebeau (LF7025).

### 1.2 Documents applicables et/ou de référence

ID	Référence	Titre
DA1	Circulaire du 12 janvier 2012	Circulaire relative à l'instruction des projets éoliens par les services de l'aviation civile
DA2	PR1906-2627	Proposition commerciale pour l'étude d'impact du projet éolien CNR de Tincey-et-Pontrebeau.

## 2 DONNEES

### 2.1 Coordonnées du projet éolien

La société CNR a fourni en 2019 un fichier « shape » de la zone d'étude.

L'altitude (NGF) maximale dans ce polygone (240m) ainsi que la hauteur des machines retenue (200m) ont été fournies par CNR.

L'étude portera sur une altitude de machines de 440m en bout de pales selon l'implantation finale

Nom	X	Y
E1	907953	6726798
E2	908356	6727074
E3	908905	6727334

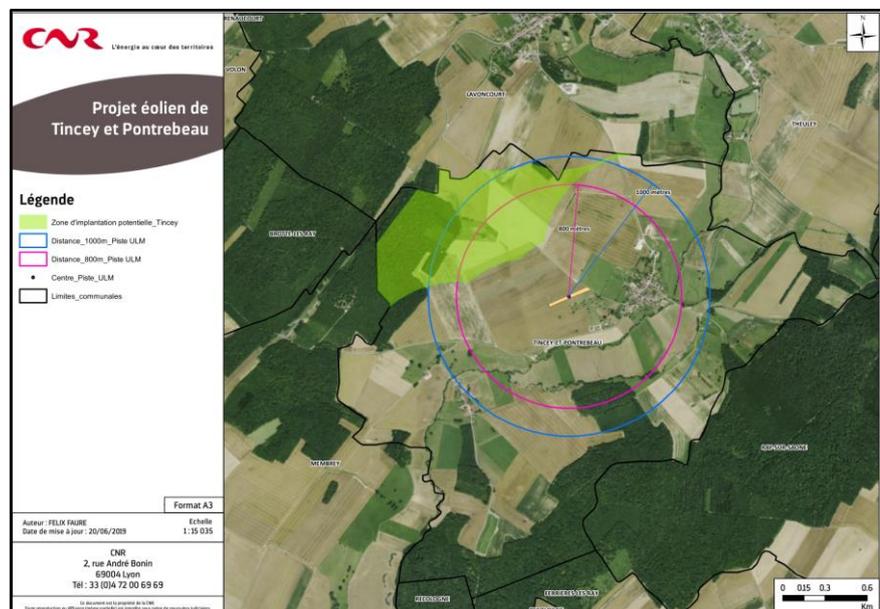


Figure 2-1 : Localisation du polygone

Le point le plus proche du polygone se situe dans le 336° vrai du THR07 à 386m.

	<p style="text-align: center;"><b>Rapport Technique</b> <b>Etude d'impact</b> EOL-CNR_TSR</p>	V2-0	
		2022-01-29	

## 2.2 Données aéronautiques

Les données (espaces aériens, obstacles artificiels isolés, etc.) sont issues de l'AIP France AMDT 01/22.

## 2.3 Données plateforme

Les données sont issues de la fiche BASULM LF7025. Il faut souligner que les seuils de la bande ne sont pas référencés. L'élévation de l'ARP (764ft ou 232.8m) est référencée sur la fiche de la base ULM et est cohérente avec les cartes de l'IGN et Google Earth (757ft).

Les coordonnées des seuils de piste ainsi que leurs élévations ont été extrapolées de Google Earth. L'élévation retenue pour le THR07 est de 222m et celle retenue pour le THR25 est de 224m.

## 2.4 Données obstacles tierces

Sans objet

## 2.5 Logiciel utilisé

Toutes les constructions, les calculs ainsi que les illustrations sont issus du logiciel GéoTITAN® développé et commercialisé par CGX AERO.

La version utilisée est la 4.10.00

### **Note :**

Toutes les informations d'altitude dans ce rapport sont basées par rapport au niveau moyen de la mer (AMSL).

### 3 IMPACT SUR LA BASE ULM

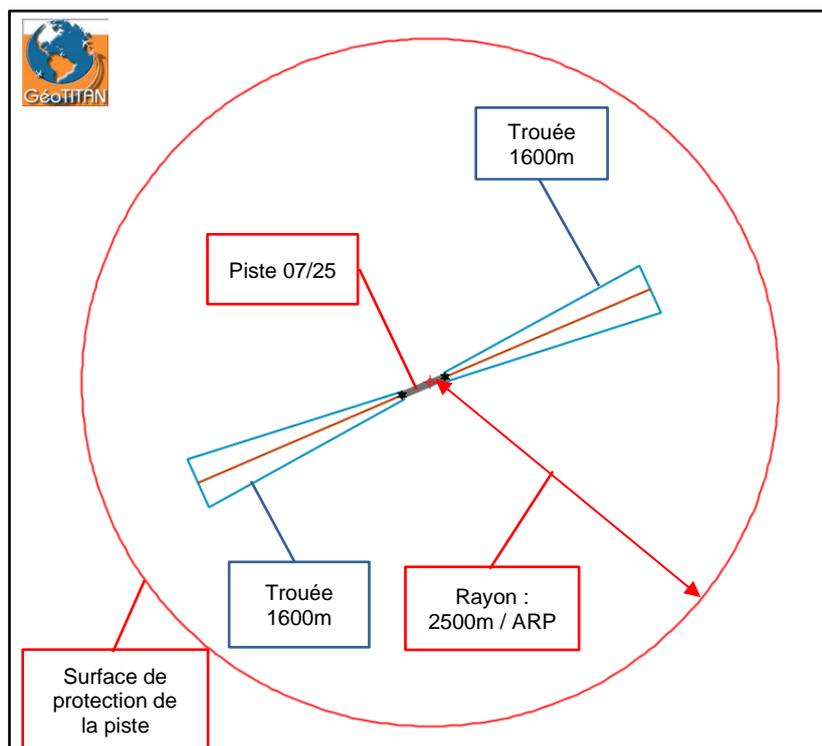
La base ULM à accès privé de Tincey et Pontrebeau n'est pas référencée dans l'AIP. A ce titre, :

- l'utilisation de cette piste est limitée au propriétaire ainsi qu'aux pilotes invités par celui-ci,
- la plateforme ne dispose ni de PSA ni de surfaces de dégagement.

#### 3.1 Protection du circuit d'aérodrome

La piste est très courte (320m) et de par sa définition de base ULM, elle ne peut recevoir que des ULM. De ce fait, pour la protection du circuit de piste, il a été retenu d'utiliser comme guide pour l'analyse un rayon de 2500m, rayon applicable pour tous les ULM (ce qui correspond au volume de protection d'une piste ULM définie par la Circulaire du 12 janvier 2012 (Annexe IV, paragraphe IV-2) relative à l'instruction des projets éoliens par les services de l'aviation civile (DA1)).

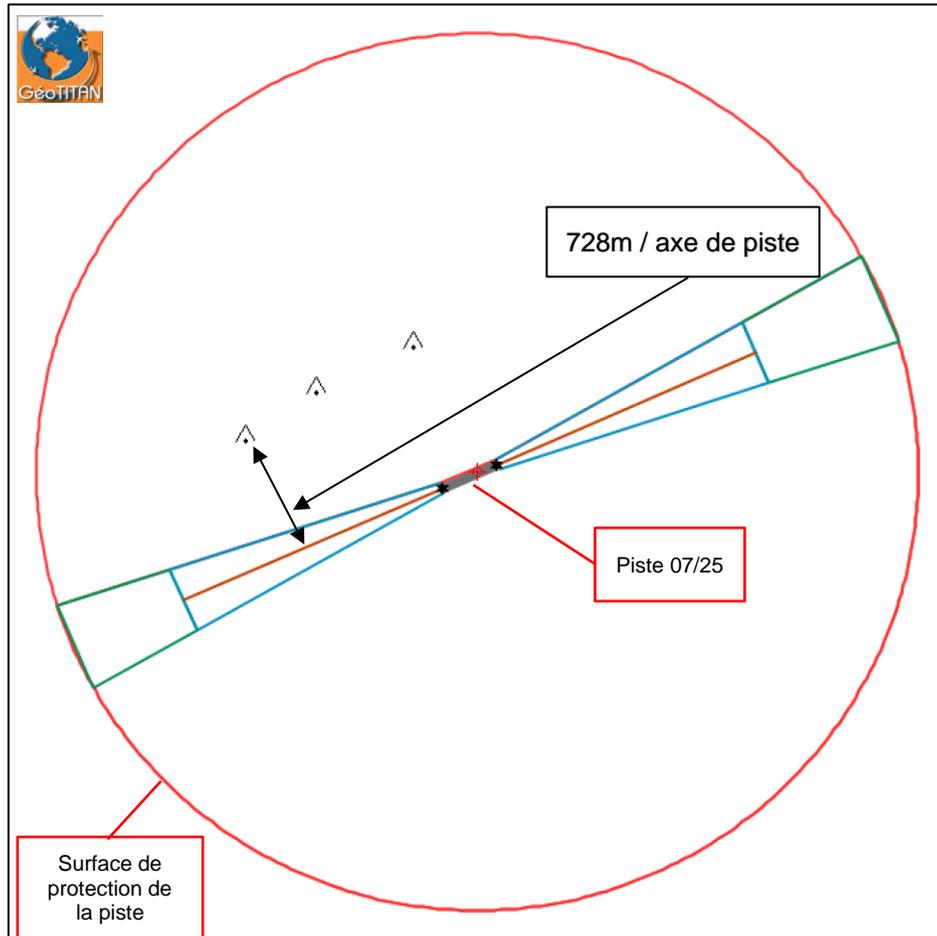
La zone de protection du circuit est donc définie de la façon suivante :



**Figure 3-1 : Surface de Protection de la piste**

Dans la surface de protection de la piste ULM, l'implantation d'obstacles est permise si les obstacles se situent en-dessous de la surface résultante qui part de l'ARP et monte avec une pente de 6% jusqu'à 150m au-dessus de l'ARP sur le cercle extérieur (altitude maximale 382.8m dans ce cas).

### 3.2 Implantation des éoliennes



**Figure 3-2 : Implantation des éoliennes**

Le projet éolien CNR se situe à l'intérieur de la surface de protection de la piste ULM, à l'extérieur des trouées de décollage/atterrissage.

Afin de respecter la surface de protection de la piste, les éoliennes ne doivent pas dépasser une altitude comprise entre 282m et 312m, selon leur distance de l'ARP.

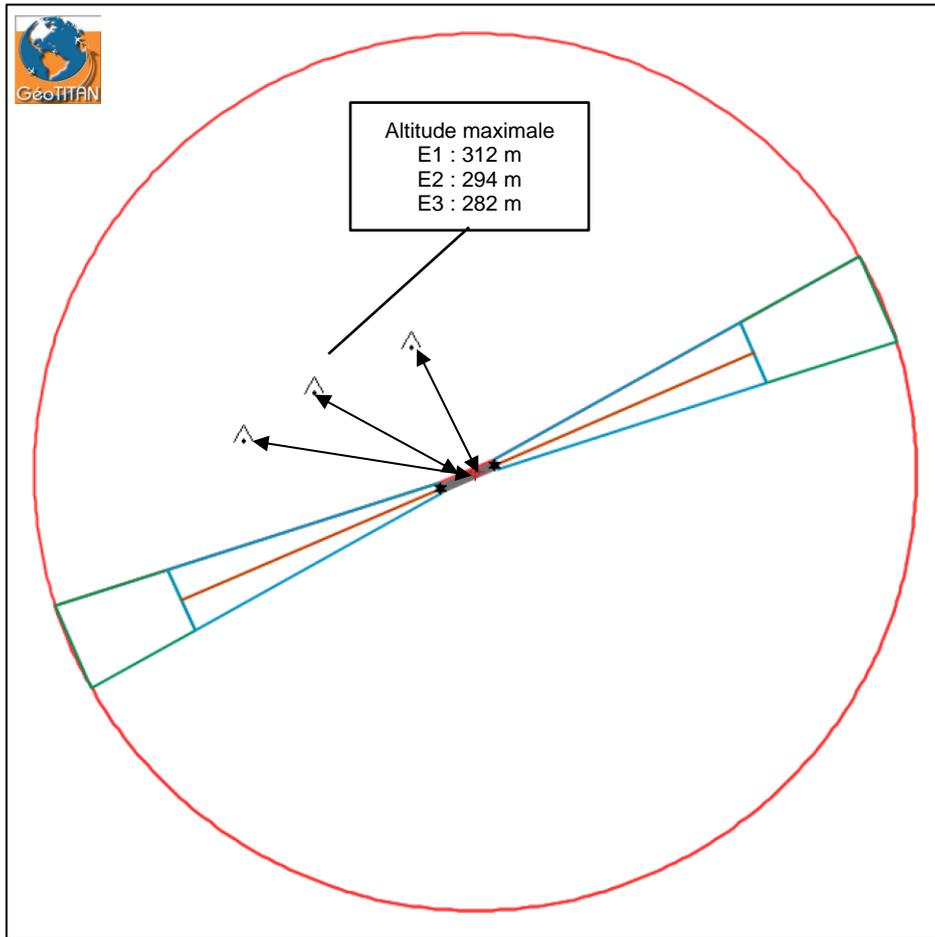
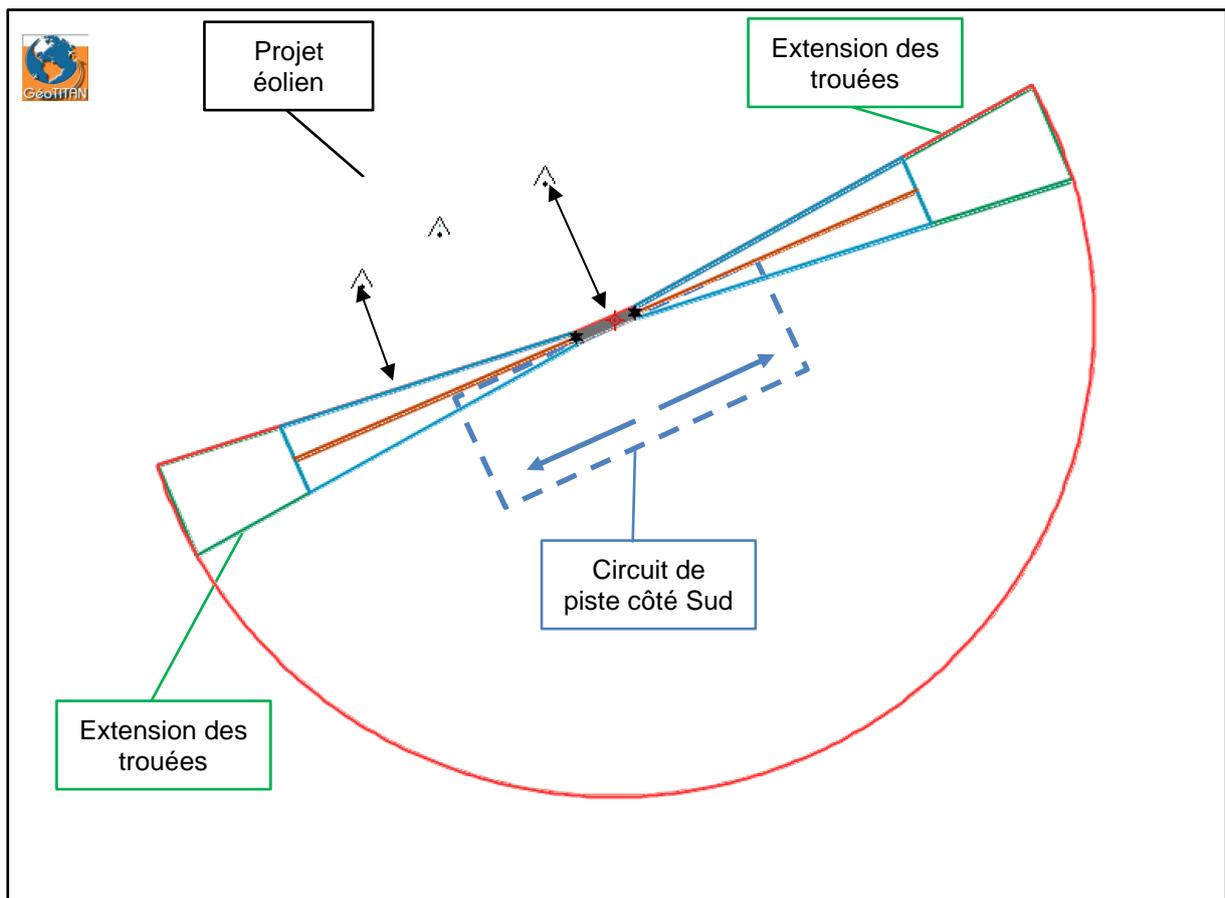


Figure 3-3 : Altitudes possibles d'implantation

### 3.3 Possibilité d'aménagement

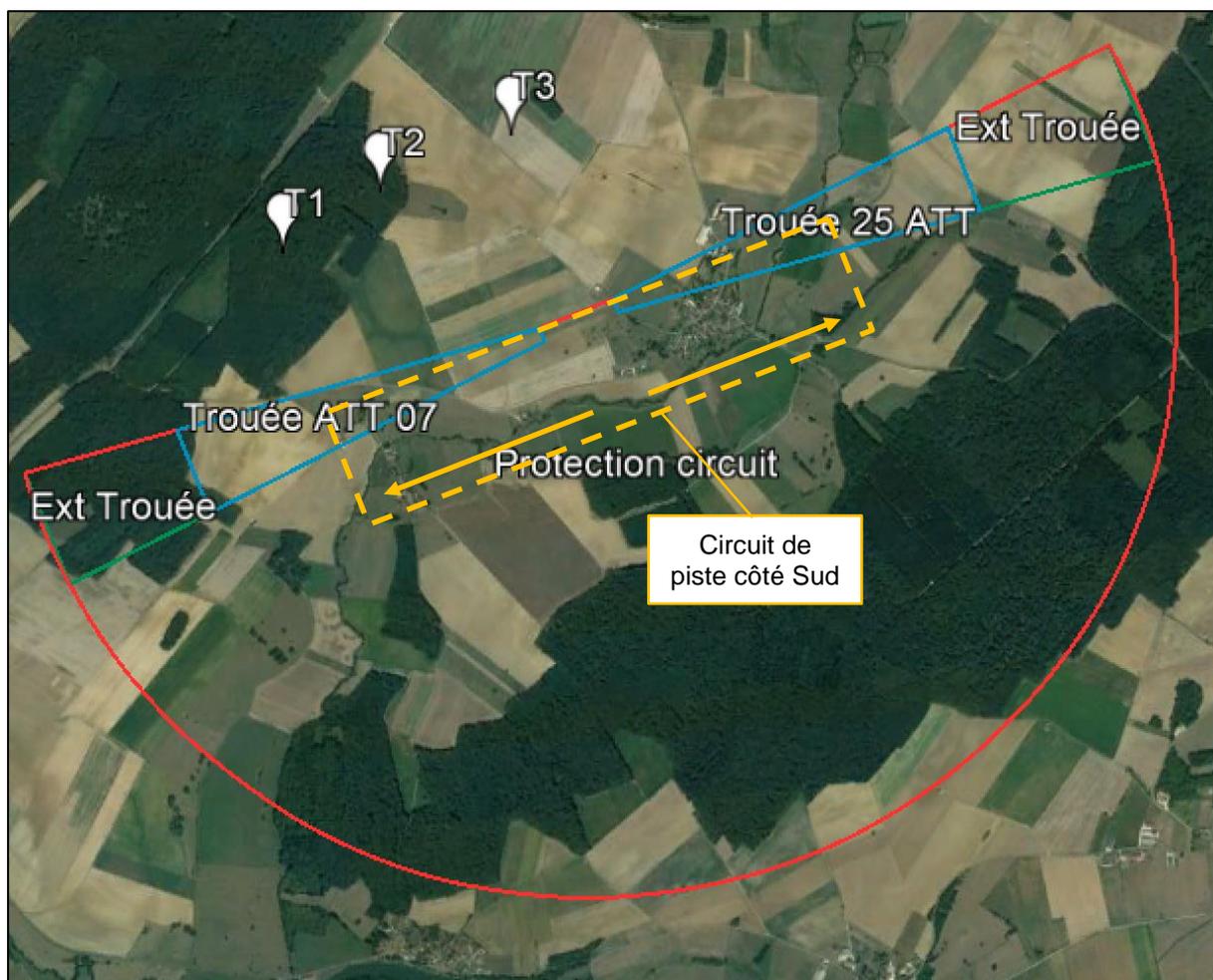
Si l'on ne veut pas limiter l'altitude maximale des éoliennes, il serait possible d'envisager des consignes d'aérodrome ne permettant des tours de piste que du côté Sud de la piste 07/25 (réf DA1, Annexe IV, Figure IV-2). L'éolienne la plus proche du circuit de piste serait alors à 605m de l'aire de protection de ce circuit (trouée d'atterrissage 07) et à 728m de l'axe de piste.

Dans ce cas, tous les avions devraient utiliser le circuit de piste côté Sud, ce qui assurerait une totale sécurité par rapport au parc éolien.



**Figure 3-4 : Aménagement circuit de piste**

Avec un aménagement du circuit de piste et des consignes associées, le projet éolien n'a donc aucun impact sur la surface de protection de la piste, celui-ci étant à l'extérieur de la surface.



**Figure 3-5 : Vue Google Earth Aménagement circuit de piste**

Actuellement, les consignes éditées sur la fiche BASULM LF7025 mentionne « un tour de piste par l'Ouest ». Dans le cas où un arrangement serait négocié entre le porteur de projet éolien et le gestionnaire de la base ULM pour instaurer un tour de piste par le Sud, les consignes devraient alors être modifiées sur cette fiche. La recommandation d'éviter le survol du village de Tincey et Pontrebeau pourra être maintenu et il sera de la responsabilité des utilisateurs de la plateforme de se conformer à cette consigne.

**Note :**

Chaque éolienne devra être équipée d'un balisage diurne et nocturne, conformément aux règles de balisage applicable aux éoliennes (Instruction N°20700/DNA du 16/11/2000). Cette mesure permet de baisser significativement les risques liés à la présence d'obstacles imposants vis-à-vis de la circulation aérienne.

	<b>Rapport Technique</b> <b>Etude d'impact</b> EOL-CNR_TSR	V2-0	
		2022-01-29	

## 4 ANALYSE SUR LA CIRCULATION AERIEENNE

La base ULM de Tincey et Pontrebeau se situe en espace aérien de classe G dans le SIV Bale. Ce qui signifie que les pilotes doivent assurer un espacement vertical et latéral avec les obstacles et les autres aéronefs sous leur propre responsabilité en se conformant aux règles de l'air et à l'arrêté du 10 octobre 1957 relatif au survol des agglomérations et des rassemblements de personnes ou d'animaux (Version consolidée au 21 janvier 2009). Les pilotes doivent voler à une hauteur minimale de 150m au-dessus du sol ou de l'eau ou à 150m au-dessus de l'obstacle le plus élevé situé dans un rayon de 150m autour de l'aéronef. Ceci est applicable pour les transits VFR ainsi que pour les vols à destination ou au départ de Tincey et Pontrebeau.

### 4.1 Cas particulier de l'intégration dans le circuit de piste.

Les dispositions applicables pour intégrer un circuit de piste sont rappelées dans la Partie VAC GEN 1.1 de l'AIP.

Pour rappel, après avoir pris connaissance des paramètres de l'aérodrome, « *le pilote doit venir s'intégrer en début de vent arrière à la hauteur du circuit d'aérodrome en assurant une séparation visuelle avec les aéronefs déjà engagés dans la circulation d'aérodrome et en leur laissant la priorité.* »

Le circuit vent arrière proposé par le sud est compris dans les limites de l'aire de protection du circuit d'aérodrome et les pilotes ne peuvent pas intégrer la finale d'une piste par une large étape de base qui pourraient les amener à survoler le projet éolien CNR.

Si un pilote prenait la responsabilité de vouloir intégrer une large étape de base pour une arrivée directe sur la finale, il serait de sa responsabilité de tenir compte des futures éoliennes pour éviter les éoliennes et /ou ajuster son profil de descente vers la piste.

Le respect du survol du village de Tincey et Pontrebeau reste de la responsabilité des pilotes conformément à l'arrêté du 10 octobre 1957. Ainsi, il appartiendra aux pilotes de maîtriser la trajectoire de leurs avions dans le circuit de piste afin de ne pas survoler le village à une altitude pouvant générer des nuisances.

Il faut noter que, dès lors que les éoliennes seront construites, celle-ci seront référencées dans l'AIP (tout obstacle de plus de 50m de hauteur étant référencé dans l'AIP ainsi que sur les cartes VFR au 1/250 000).

### 4.2 Cas particulier des départs VFR

Les départs de la base ULM de Tincey et Pontrebeau ne peuvent se faire que de jour et par conditions de vol à vue (pour rappel, visibilité minimale en vol 1500m, rester hors des nuages et respecter une hauteur de 150m au-dessus de l'obstacle le plus élevé situé dans un rayon de 150m autour de l'aéronef).

De ce fait, il sera de la responsabilité des pilotes d'assurer les espacements minimums (verticaux et /ou latéraux) avec les éoliennes. Dans le cas des départs vers le projet éolien, l'espace disponible de part et d'autre du groupe d'éoliennes est suffisamment important pour que les pilotes puissent voler à une distance latérale supérieure à 150m des éoliennes, s'ils ne souhaitent pas monter pour survoler les éoliennes.

	<b>Rapport Technique</b> <b>Etude d'impact</b> EOL-CNR_TSR	V2-0	
		2022-01-29	

## 5 CONCLUSION

---

Le projet éolien CNR se situe dans le circuit vent arrière nord de la base ULM.

La modification des consignes publiées afin de canaliser le trafic dans le Sud de la piste pour garantir la sécurité des vols laisse entrevoir la possibilité de l'implantation du projet éolien.

A charge du porteur de projet éolien de négocier avec l'exploitant de la base ULM de Tincey et Pontrebeau.

**Note :**

Dans le cas où un accord serait trouvé entre le porteur de projet éolien et l'exploitant de la base ULM, le parc éolien se situant près de l'axe de piste, CGX préconise de mentionner dans les consignes de la fiche BASULM la présence de ce parc éolien dans le Nord de la piste. Ceci afin de sensibiliser les éventuels invités par le gestionnaire de la Base ULM.

	<b>Rapport Technique</b> <b>Etude d'impact</b> <b>EOL-CNR_TSR</b>	V2-0	
		2022-01-29	

## 6 GLOSSAIRE

AIP	:	Publication des Informations Aéronautiques
AMDT	:	Amendement
AMSL	:	Au-dessus du niveau moyen de la mer
ARP	:	Point de Référence d'Aérodrome
DA	:	Document Applicable
DR	:	Document de Référence
IGN	:	Institut national de l'information géographique et forestière
NGF	:	Nivellement général de la France
OAI	:	Obstacle Artificiel Isolé
SIA	:	Service d'Information Aéronautique
SIV	:	Secteur d'information de vol
THR	:	Seuil de piste
ULM	:	Ultra léger motorisé
VFR	:	Règles de vol à vue

---

**Fin du document**

---

(TPL)(code)\_TSR\_Lateral-Guidance-Only-FR\_v1-3.docx (Ne pas modifier)