

Janvier 2020

PROJET DE PARC ÉOLIEN DE FOLLES

Commune de Folles (87)

Dossier de demande d'autorisation environnementale
au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

VOLUME 4b : Étude de dangers
Rapport final



Énergies renouvelables



Hydraulique urbaine
Eau et Assainissement



Milieu naturel



Ingénierie environnementale



Hydraulique fluviale



Agriculture
Environnement



Photographie panoramique de l'aire d'étude, NCA environnement, juin 2018

| FICHE DE SUIVI DU DOCUMENT | | |
|-------------------------------------|--|--|
| Coordonnées du commanditaire | Energies Folles SAS Immeuble Business Center – 4 ^{ème} étage 3 avenue Gustave Eiffel – Teleport 1 86 360 CHASSENEUIL DU POITOU | |
| Bureau d'études | NCA Environnement 11, allée Jean Monnet 86 170 NEUVILLE-DE-POITOU | |
| HISTORIQUE DES MODIFICATIONS | | |
| Version | Date | Désignation |
| 0 | 03/07/2018 | Création - Rapport « d'état initial » |
| 0.1 | 12/09/2018 | Rapport « d'état initial » - Modifications |
| 0.2 | 18/06/2019 | Rapport final |
| 0.3 | 10/07/2019 | Modifications |
| 0.4 | 08/10/2019 | Modifications |
| 0.5 | 23/10/2019 | Modifications |
| 1 | 16/01/2020 | Rapport final |

Enregistrement des versions :

Versions < 1 versions de travail
Version 1 version du document déposé
Versions > 1 modifications ultérieures du document

AVANT-PROPOS

Le dossier de demande d'autorisation environnementale (DDAE) au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement relatif au projet de parc éolien sur les communes de Folles et de Fromental (87) est constitué de 4 volumes distincts, afin de faciliter sa lecture :

- **VOLUME 1** : Pièces administratives et réglementaires ;
- **VOLUME 2** : Note de présentation non technique ;
- **VOLUME 3** :
 - **VOLUME 3a** : Résumé non technique de l'étude d'impact sur l'environnement
 - **VOLUME 3b** : Étude d'impact sur l'environnement et ses annexes ;
 - **VOLUME 3c** : Rapports d'expertises de l'étude d'impact (Faune-Flore, Paysage-Patrimoine, Acoustique), dont les principaux résultats et conclusions sont synthétisés dans le Volume 3b ;
- **VOLUME 4** :
 - **VOLUME 4a** : Résumé non technique de l'étude de dangers ;
 - **VOLUME 4b** : Étude de dangers et ses annexes.

Ce volume du DDAE présente l'étude de dangers du projet éolien de Folles porté par Energies Folles SAS.

SOMMAIRE

| | | | |
|--|-----------|--|------------|
| AVANT-PROPOS | 2 | ANNEXE 3 : MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ POTENTIELLE D'UN ACCIDENT À PROXIMITÉ D'UNE ÉOLIENNE | 87 |
| I. INTRODUCTION | 6 | ANNEXE 4 : TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE | 89 |
| I. 1. Objectifs de l'étude de dangers | 6 | ANNEXE 5 : SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES | 97 |
| I. 2. Contexte législatif et réglementaire | 6 | ANNEXE 6 : PROBABILITÉ D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL | 99 |
| I. 3. Nomenclature des installations classées | 7 | ANNEXE 7 : BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES..... | 100 |
| II. INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION..... | 7 | | |
| II. 1. Renseignements administratifs | 7 | | |
| II. 2. Localisation du site | 7 | | |
| II. 3. Définition de l'aire d'étude | 7 | | |
| III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DU VOISINAGE DE L'INSTALLATION | 11 | | |
| III. 1. Environnement humain | 11 | | |
| III. 2. Environnement naturel..... | 17 | | |
| III. 3. Environnement matériel..... | 24 | | |
| III. 4. Cartographie de synthèse..... | 28 | | |
| IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION ET DE SON FONCTIONNEMENT | 31 | | |
| IV. 1. Caractéristiques de l'installation..... | 31 | | |
| IV. 2. Fonctionnement de l'installation..... | 36 | | |
| IV. 3. Fonctionnement des réseaux de l'installation..... | 41 | | |
| V. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION | 46 | | |
| V. 1. Potentiels de dangers liés aux produits..... | 46 | | |
| V. 2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation..... | 47 | | |
| V. 3. Réduction des potentiels de dangers à la source | 47 | | |
| VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE | 48 | | |
| VI. 1. Objectif de l'accidentologie..... | 48 | | |
| VI. 2. Inventaire des accidents et incidents en France..... | 48 | | |
| VI. 3. Inventaire des accidents et incidents à l'international..... | 49 | | |
| VI. 4. Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant..... | 51 | | |
| VI. 5. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience..... | 51 | | |
| VI. 6. Limites d'utilisation de l'accidentologie | 52 | | |
| VII. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES (APR)..... | 52 | | |
| VII. 1. Objectifs de l'analyse préliminaire des risques..... | 52 | | |
| VII. 2. Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques | 52 | | |
| VII. 3. Recensement des agressions externes potentielles | 53 | | |
| VII. 4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques | 53 | | |
| VII. 5. Effets dominos..... | 57 | | |
| VII. 6. Mise en place des mesures de sécurité | 57 | | |
| VII. 7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques | 62 | | |
| VIII. ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES..... | 63 | | |
| VIII. 1. Rappel des définitions | 63 | | |
| VIII. 2. Caractérisation des scénarios retenus..... | 64 | | |
| VIII. 3. Synthèse de l'étude détaillée des risques | 74 | | |
| IX. CONCLUSION..... | 82 | | |
| X. RESUME NON TECHNIQUE | 82 | | |
| ANNEXES | 83 | | |
| ANNEXE 1 : GLOSSAIRE..... | 84 | | |
| ANNEXE 2 : ABRÉVIATIONS & SIGLES | 86 | | |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Évolution démographique à l'échelle départementale, régionale et nationale..... | 11 |
| Figure 2 : Durée moyenne d'ensoleillement sur l'année à Limoges-Bellegarde (87). 1991-2010..... | 17 |
| Figure 3 : Températures moyennes à La Souterraine (23). 1981-2010..... | 18 |
| Figure 4 : Précipitations moyennes à La Souterraine (23). 1981-2010..... | 18 |
| Figure 5 : Rose de vent à Limoges-Bellegarde (87) 1991-2010..... | 19 |
| Figure 6 : Mât de mesures anémométriques du projet de Folles..... | 19 |
| Figure 7 : Rose des vents..... | 20 |
| Figure 8 : Rose des vents sur le long terme (2003-2018)..... | 20 |
| Figure 9 : Cartographie des cavités souterraines présentes au niveau de l'aire d'étude..... | 23 |
| Figure 10 : Niveau kéraunique en France (nombre de jours d'orage par an)..... | 23 |
| Figure 11 : Carte de la densité de foudroiement par région..... | 24 |
| Figure 12 : Localisation des routes et chemins au niveau de l'aire d'étude..... | 24 |
| Figure 13 : Schéma descriptif d'un parc éolien..... | 31 |
| Figure 14 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur..... | 32 |
| Figure 15 : Composants de la nacelle..... | 32 |
| Figure 16 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne..... | 33 |
| Figure 17 : Système de balisage lumineux..... | 37 |
| Figure 18 : Exemples de dispositifs de détection d'arc, de température et de fumée..... | 38 |
| Figure 19 : Panneau d'informations afin de prévenir la population..... | 39 |
| Figure 20 : Exemple d'affiche des numéros d'urgence..... | 40 |
| Figure 21 : Schéma de principe de raccordement du parc éolien au réseau public..... | 41 |
| Figure 22 : Plan parcellaire du poste source..... | 43 |
| Figure 23 : Vue en coupe du poste source..... | 44 |
| Figure 24 : Vue en plan du poste source..... | 45 |
| Figure 25 : Répartition des accidents et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2018..... | 49 |
| Figure 26 : Répartition des accidents dans le monde entre 2000 et 2011..... | 50 |
| Figure 27 : Causes premières d'effondrement dans les accidents recensés dans le monde entre 2000 et 2011..... | 50 |
| Figure 28 : Causes premières de rupture de pale dans les accidents recensés dans le monde entre 2000 et 2011..... | 50 |
| Figure 29 : Causes premières d'incendie dans les accidents recensés dans le monde entre 2000 et 2011..... | 50 |
| Figure 30 : Nombre d'accidents par an à l'étranger selon la CWIF..... | 50 |
| Figure 31 : Évolution du nombre d'incidents annuels recensés en France et du nombre d'éoliennes installées..... | 51 |
| Figure 32 : Évolution du nombre d'incidents annuels recensés en France et de la puissance installée..... | 51 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Rubrique concernée de la nomenclature ICPE..... | 7 |
| Tableau 2 : Recensement de la population sur l'aire d'étude en 2014 et 2016 et densité..... | 11 |
| Tableau 3 : Distance entre les éoliennes et les habitations les plus proches..... | 12 |
| Tableau 4 : Occupation des sols au niveau de l'aire d'étude..... | 13 |
| Tableau 5 : Températures moyennes sur la station de La Souterraine (23). 1981-2010..... | 18 |
| Tableau 6 : Précipitations moyennes sur la station de La Souterraine (23). 1981-2010..... | 18 |
| Tableau 7 : Les risques naturels sur les communes de l'aire d'étude..... | 21 |
| Tableau 8 : Distance entre les routes à proximité de l'aire d'étude et des éoliennes..... | 24 |
| Tableau 9 : Nombre de personnes exposées pour chaque éolienne..... | 28 |
| Tableau 10 : Exemples de modèles existants..... | 31 |
| Tableau 11 : Coordonnées géographiques des installations du parc éolien..... | 34 |
| Tableau 12 : Distances inter-éoliennes du parc éolien de Folles..... | 34 |
| Tableau 13 : Découpage fonctionnel du parc éolien..... | 36 |
| Tableau 14 : Liste des produits utilisés..... | 46 |
| Tableau 15 : Dangers potentiels liés au fonctionnement du parc éolien..... | 47 |
| Tableau 16 : Principales agressions externes liées aux activités humaines..... | 53 |
| Tableau 17 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels..... | 53 |
| Tableau 18 : Tableau d'analyse générique des risques..... | 55 |
| Tableau 19 : Description de la MMR n°1..... | 58 |
| Tableau 20 : Description de la MMR n°2..... | 58 |
| Tableau 21 : Description de la MMR n°3..... | 58 |
| Tableau 22 : Description de la MMR n°4..... | 58 |
| Tableau 23 : Description de la MMR n°5..... | 59 |
| Tableau 24 : Description de la MMR n°6..... | 59 |
| Tableau 25 : Description de la MMR n°7..... | 60 |
| Tableau 26 : Description de la MMR n°8..... | 60 |
| Tableau 27 : Description de la MMR n°9..... | 61 |
| Tableau 28 : Description de la MMR n°10..... | 61 |
| Tableau 29 : Description de la MMR n°11..... | 61 |
| Tableau 30 : Description de la MMR N°12..... | 61 |
| Tableau 31 : Description de la MMR N°13..... | 62 |
| Tableau 32 : Scénarios exclus de l'étude détaillée des risques et justifications..... | 62 |
| Tableau 33 : Définition du degré d'exposition..... | 63 |
| Tableau 34 : Seuils de gravité..... | 63 |
| Tableau 35 : Classes de probabilité..... | 64 |
| Tableau 36 : Intensité du scénario « Effondrement de l'éolienne »..... | 65 |
| Tableau 37 : Gravité du scénario « Effondrement de l'éolienne »..... | 65 |
| Tableau 38 : Valeurs de la littérature pour la probabilité d'effondrement d'une éolienne..... | 65 |
| Tableau 39 : Acceptabilité du scénario « Effondrement de l'éolienne »..... | 66 |
| Tableau 40 : Intensité du scénario « Chute de glace »..... | 67 |
| Tableau 41 : Gravité du scénario « Chute de glace »..... | 67 |
| Tableau 42 : Acceptabilité du scénario « Chute de glace »..... | 67 |
| Tableau 43 : Intensité du scénario « Chute d'éléments »..... | 69 |
| Tableau 44 : Gravité du scénario « Chute d'élément »..... | 69 |
| Tableau 45 : Acceptabilité du scénario « Chute d'élément »..... | 69 |
| Tableau 46 : Intensité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale »..... | 70 |
| Tableau 47 : Gravité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale »..... | 71 |
| Tableau 48 : Valeurs de la littérature pour la probabilité de rupture de tout ou partie de pale..... | 71 |
| Tableau 49 : Acceptabilité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale »..... | 71 |
| Tableau 50 : Intensité du scénario « Projection de glace »..... | 72 |
| Tableau 51 : Gravité du scénario « Projection de glace »..... | 73 |
| Tableau 52 : Acceptabilité du scénario « Projection de glace »..... | 73 |
| Tableau 53 : Synthèse des scénarios étudiés..... | 74 |
| Tableau 54 : Matrice de criticité..... | 75 |

Tableau 55 : Récapitulatif des risques étudiés.....76
Tableau 56 : Récapitulatif des risques étudiés.....77
Tableau 57 : Récapitulatif des risques étudiés.....78
Tableau 58 : Récapitulatif des risques étudiés.....79
Tableau 59 : Récapitulatif des risques étudiés.....80

I. INTRODUCTION

I. 1. Objectifs de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par EOLISE pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien sur les communes de Folles et Fromental (87), autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

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

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

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

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

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

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 aux installations classées. Selon l'article **L.181-25**, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article **L.511-1** en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

L'**arrêté du 29 septembre 2005** relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accident majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1.

En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne font 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 sa vulnérabilité. Ce contenu est défini, en termes laconiques, par l'**article L.181-25 du Code de l'environnement** :

- Description de l'environnement et du voisinage,
- Description des installations et de leur fonctionnement,
- Identification et caractérisation des potentiels de danger,
- Estimation des conséquences de la concrétisation des dangers,
- Réduction des potentiels de danger,
- Enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs),
- Analyse préliminaire des risques,
- Étude détaillée de réduction des risques,
- Quantification et hiérarchisation des différents scénarios en termes de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection
- Représentation cartographique,
- Résumé non technique de l'étude des dangers.

À noter que le résumé non technique est présenté dans un document indépendant (volume 4a).

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.

Enfin, cette étude de dangers s'appuie également sur les textes réglementaires et techniques suivants :

- **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 ICPE,
- **Le guide technique** « Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens », développé par France Énergie Éolienne, l'INERIS et le SER et validé par la DGPR en mai 2012.

I. 3. Nomenclature des installations classées

Le décret n°2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées (article R.511-9 du Code de l'environnement) crée une rubrique spécifique aux éoliennes terrestres. Les critères de classement au régime de déclaration (D) ou d'autorisation (A) sont la hauteur du mât et la puissance totale installée.

Tableau 1 : Rubrique concernée de la nomenclature ICPE

| N° de la rubrique | Intitulé de la rubrique et seuils | Caractéristiques du parc | Régime | Rayon de l'enquête publique |
|-------------------|---|--|--------|-----------------------------|
| 2980 | <p>Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs</p> <p>1) Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 mètres (A) 2) Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 mètres et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure à 12 mètres et pour une puissance totale installée :</p> <p>a. Supérieure ou égale à 20 MW (A) b. Inférieure à 20 MW (D)</p> | <p><i>Aérogénérateurs dont la hauteur de mât est de 125 m, au sens de la réglementation ICPE</i></p> | A | 6 km |

Le parc éolien projeté par Energies Folles SAS sur les communes de Folles et Fromental est donc une **ICPE soumise à autorisation (A)**, conformément au titre I^{er} du livre V du Code de l'environnement. Il doit en conséquence présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation environnementale.

II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

II. 1. Renseignements administratifs

Le porteur de projet et l'exploitant de l'installation projetée sont une seule et même entité. Il s'agit de la société Energies Folles SAS, dont les caractéristiques sont fournies ci-après.

| | |
|---------------------------|---|
| Nom du demandeur : | Energies Folles SAS |
| Siège social : | Immeuble Business Center – 4 ^{ème} étage 3 avenue Gustave Eiffel – Teleport 1 86 360 CHASSENEUIL DU POITOU |
| Statut Juridique : | SAS (Société par Actions Simplifiée) au capital de 100 000 euros |
| Création : | 2019 |
| N° SIRET : | 877725606 |
| Code APE : | 3511Z - Production d'électricité |

Une présentation détaillée du demandeur est fournie au Chapitre 2 de l'étude d'impact sur l'environnement (Vol. 3b).

Les auteurs de la présente étude sont précisés ci-après :

| | | |
|---------------------------------|--|--|
| Organisme |  NCA Environnement | |
| Coordonnées | 11, allée Jean Monnet 86170 NEUVILLE-DE-POITOU | |
| Auteurs | Lucille BOREL | Clémentine CAVATORE |
| Qualité / Qualifications | Chargée d'études Environnement-ICPE Juriste en Environnement | Chargée d'études Environnement-ICPE Ingénieur en Aménagement du territoire et environnement |
| Niveau d'intervention | Contrôle qualité | Bibliographie, visite du site, rédaction de l'étude |

II. 2. Localisation du site

Le présent projet de parc éolien porté par Energies Folles SAS, composé de **5 aérogénérateurs**, est localisé sur les communes de Folles et de Fromental dans le département de la Haute-Vienne (87), en région Nouvelle-Aquitaine.

Des **cartes de localisation générale** du site sont fournies ci-après.

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, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne.

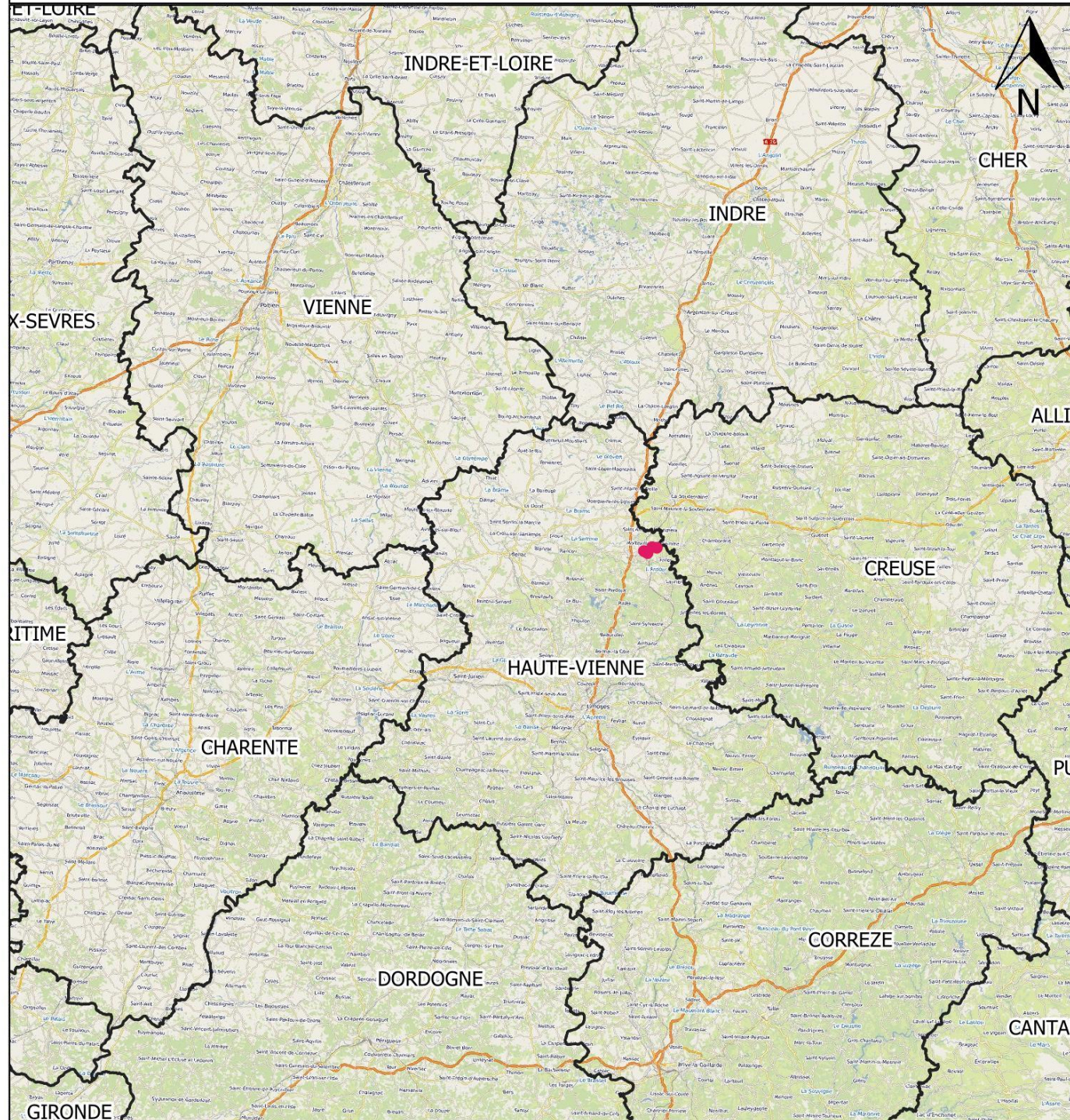
Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à **une distance inférieure ou égale à 500 m** à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe VIII. 2. 4.

La zone d'étude n'intègre pas les environs du poste source, qui sera néanmoins représenté sur les cartes suivantes. En effet, les risques étudiés pour les éoliennes tel que la projection ne s'appliquent pas pour le poste source.

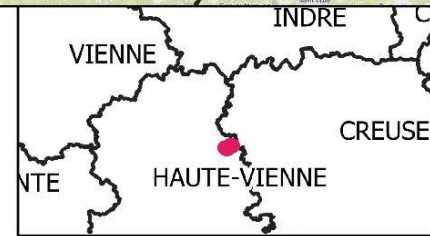
La **carte de situation** en page suivante présente l'emprise des éoliennes, la zone d'étude de 500 m autour de chaque éolienne, ainsi que les principaux éléments de l'environnement proche.

Le **poste source et son raccordement au parc** est également représenté dans les pages suivantes.

Localisation générale du site



- Légende**
- Éoliennes
 - ▭ Limites départementales



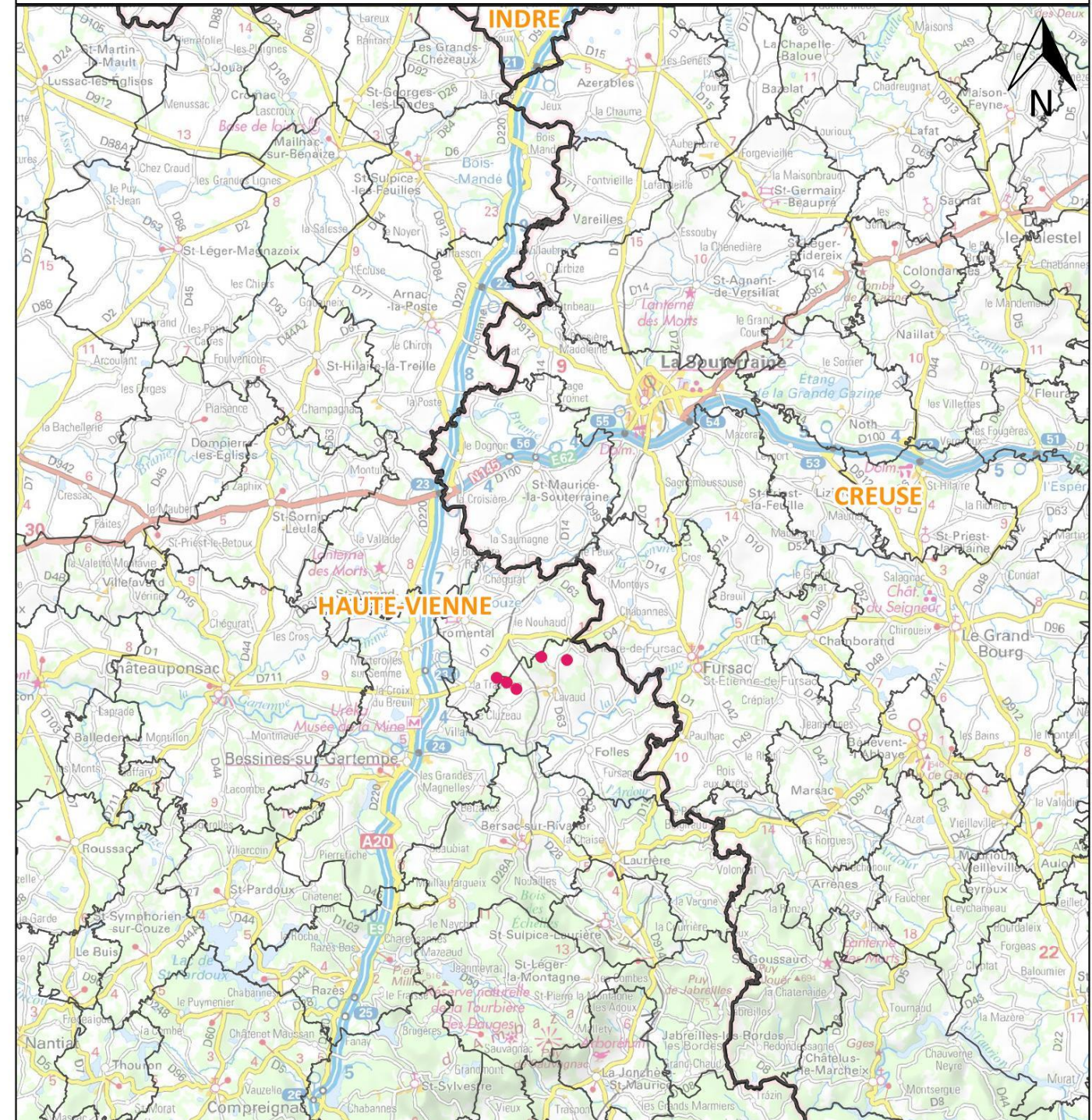
Projet de parc éolien : Folles et Fromental

Localisation générale du site

| | | |
|-----------------------|-----------------------|--|
| FORMAT - A4 | ECHELLE - 1/1 180 000 | |
| COORDS - L93 | DATE - 29/05/2019 | |
| OpenStreetMap, EOLISE | | |



Localisation générale du site



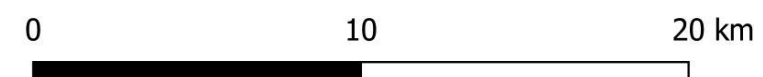
- Légende**
- Éoliennes
 - ▭ Limites départementales
 - ▭ Limites communales



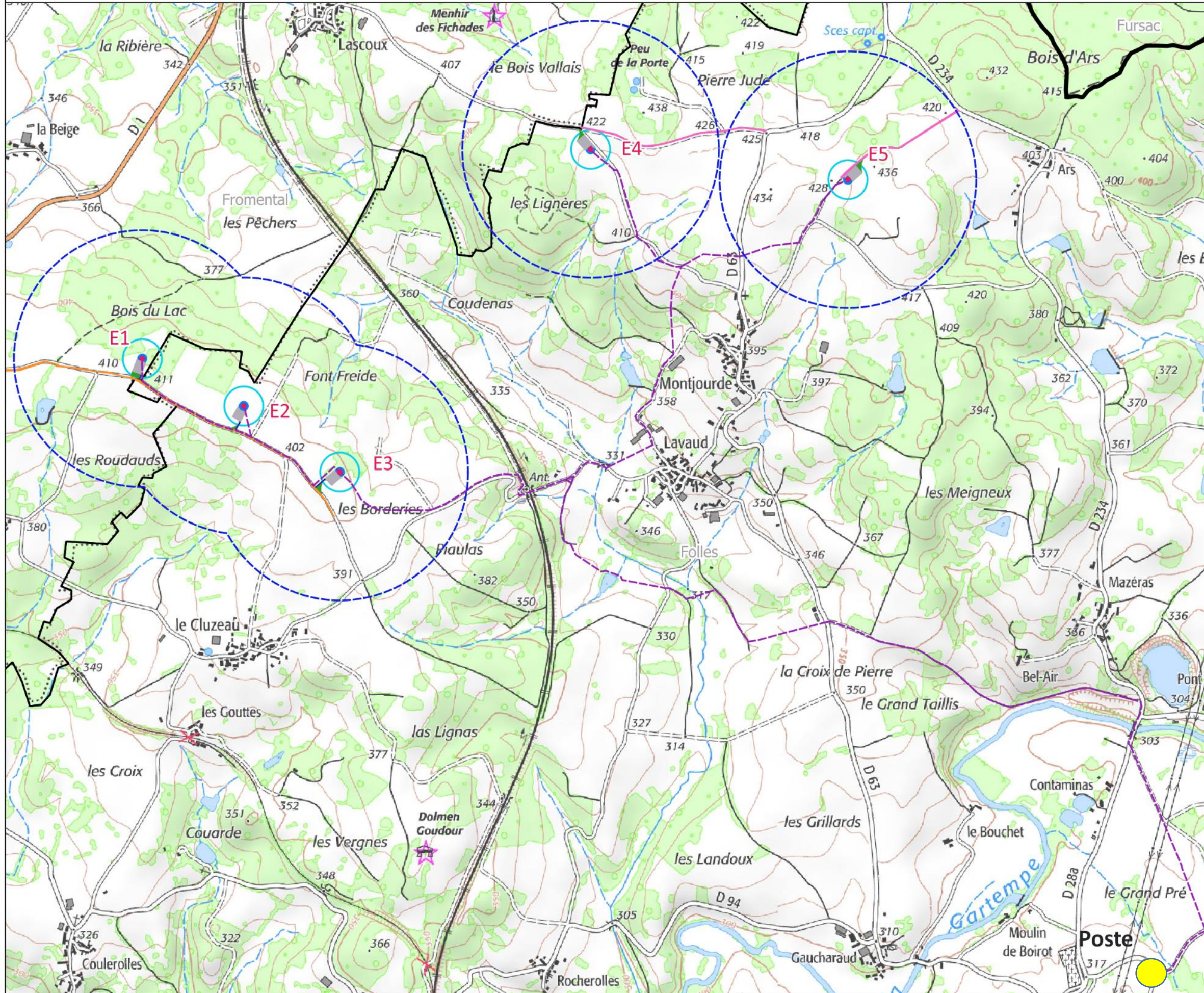
Projet de parc éolien : Folles et Fromental

Localisation générale du site

| | | |
|-----------------------|---------------------|--|
| FORMAT - A4 | ECHELLE - 1/220 000 | |
| COORDS - L93 | DATE - 29/05/2019 | |
| OpenStreetMap, EOLISE | | |



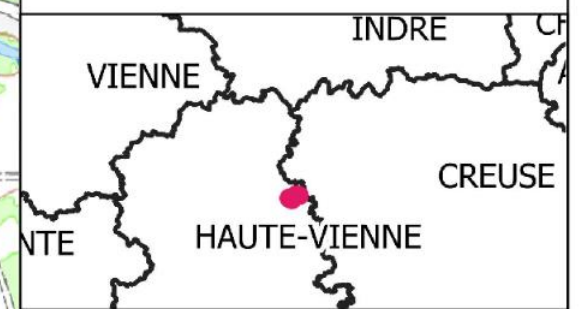
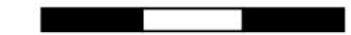
Carte de situation - Aire d'étude



Légende

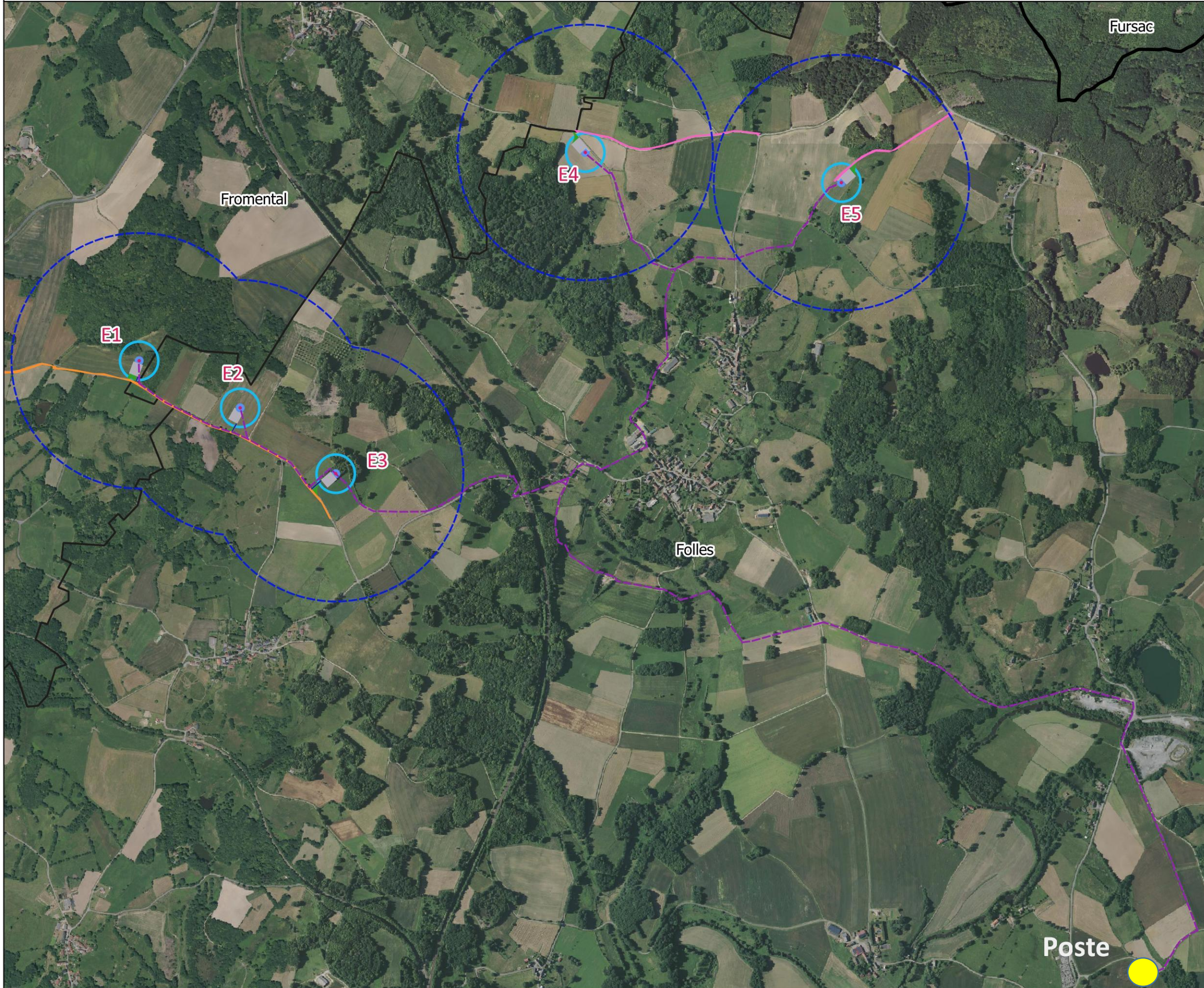
- Éoliennes
- ▭ Aire d'étude - 500 m
- ▭ Zone de survol
- Limites administratives**
- ▭ Limites communales
- ▬ Limites départementales
- Aménagements**
- ▭ Plateformes
- ▭ Fondations
- ▭ Virages
- ▭ Pistes à créer
- ▭ Pistes à renforcer et à élargir
- ▭ Pistes à élargir
- ▭ Raccordement électrique
- ▭ Poste source

0 200 400 600 m

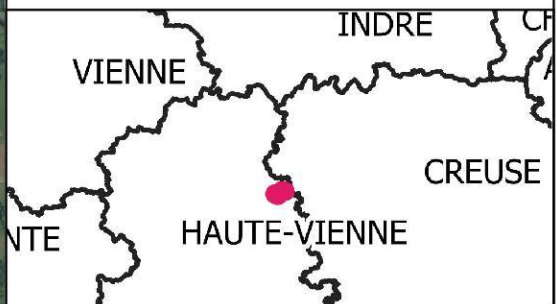


| | |
|---|--------------------|
| Projet de parc éolien : Folles et Fromental | |
| Carte de situation - Aire d'étude | |
| FORMAT - A3 | ECHELLE - 1/15 000 |
| COORDS - L93 | DATE - 29/05/2019 |
| © BD_IIGN, EOLISE | |
| | |

Carte de situation - Aire d'étude



- Légende**
- Éoliennes
 - Aire d'étude - 500 m
 - Zone de survol
- Limites administratives**
- Limites communales
 - Limites départementales
- Aménagements**
- Plateformes
 - Fondations
 - Virages
 - Pistes à renforcer
 - Pistes à élargir
 - Raccordement électrique
 - Poste



| | |
|---|--------------------|
| Projet de parc éolien : Folles et Fromental | |
| Carte de situation - Aire d'étude | |
| FORMAT - A3 | ECHELLE - 1/12 000 |
| COORDS - L93 | DATE - 29/05/2019 |
| © BD_Ortho, EOLISE | |
| | |

Poste



III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DU VOISINAGE DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement humain, naturel et matériel 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).

Le lecteur pourra aussi se rapporter au Chapitre 3 de l'étude d'impact sur l'environnement du projet (Vol. 3b du DDAE) et notamment en page 112 concernant l'environnement physique.

III. 1. Environnement humain

III. 1. 1. Zones urbanisées et urbanisables

La zone d'implantation des éoliennes se trouve sur les communes de Folles et Fromental, en Haute-Vienne (87).

Population

La commune de Folles, très rurale, s'étend sur un territoire de 31,2 km² et compte 503 habitants en 2014 et seulement 498 en 2016 soit une perte d'environ 1 %. L'urbanisation est très étalée et dispersée sur cette commune ; ainsi l'habitat est réparti entre le centre-bourg et de nombreux petits hameaux (22 au total dont Le Montheil, Fursannes, Lavaud, Montjourde, Ars...).

La commune de Fromental s'étend sur un territoire plus petit, de 22,65 km². Elle connaît une très faible augmentation de sa population de l'ordre de 2 % entre 2014 et 2016 et comptabilise 551 habitants selon le dernier recensement de l'INSEE. La densité moyenne est donc légèrement supérieure à celle de Folles. L'étalement urbain est aussi très important, l'habitat est concentré dans le centre-bourg et dans les 24 hameaux alentours (Lascoux, le Petit Bagnol, les Plats, le Nouhaud...).

L'aire d'étude définie au paragraphe II. 3 se situe également sur ces 2 communes.

Tableau 2 : Recensement de la population sur l'aire d'étude en 2014 et 2016 et densité

(Source : INSEE)

| | FOLLES | FROMENTAL |
|--|--------|-----------|
| Population en 2014 | 503 | 542 |
| Population en 2016 | 498 | 551 |
| Taux d'évolution | -1% | +2% |
| Densité moyenne (hab/km ²) | 16,1 | 23,9 |

La mosaïque d'évolutions démographiques ci-contre, compare la population à l'échelle départementale, régionale et nationale. On constate des augmentations similaires pour la région Nouvelle-Aquitaine et la France de 1975 à 2016. La Haute-Vienne connaît également une augmentation de sa population à partir de 1999 à 2011 puis se stabilise en 2016.

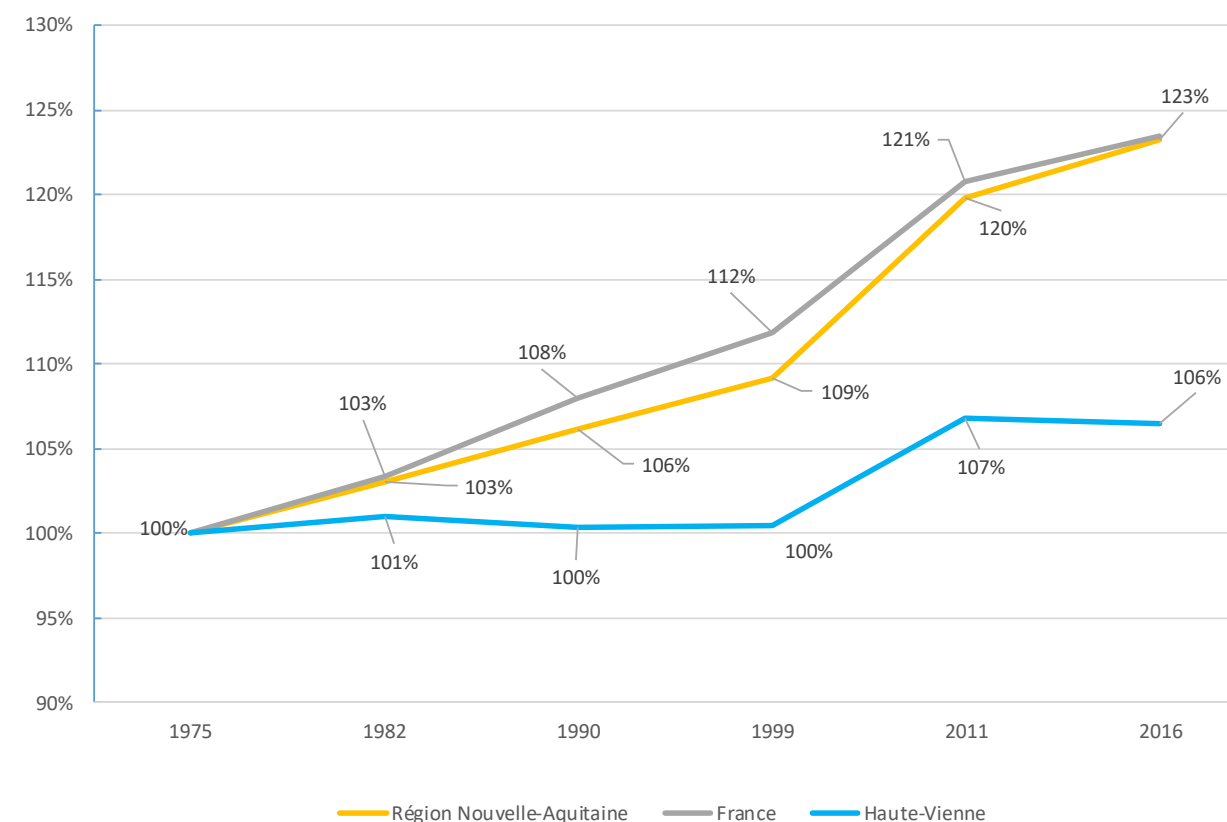


Figure 1 : Évolution démographique à l'échelle départementale, régionale et nationale

(Source : INSEE)

Habitations les plus proches

L'article 3 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 n°2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, prévoit que : « l'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de [...] 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 ».

Aussi, conformément à cet article, les éoliennes du présent projet ont été implantées à une distance minimale de 500 m de toute construction à usage d'habitation et de tout immeuble habité.

Les distances entre les éoliennes et les habitations les plus proches identifiées à proximité sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Tableau 3 : Distance entre les éoliennes et les habitations les plus proches

| Commune | Lieu-dit | Éolienne concernée | Distance entre le mât de l'éolienne et l'habitation |
|---------------|---------------------|--------------------|---|
| Fromental | La Beige | E1 | 692 m |
| Fromental | Le Sauze | E1 | 816 m |
| Fromental | Bord | E1 | 803 m |
| Fromental | Bord | E2 | 1 005 m |
| Folles | Le Cluzeau | E2 | 815 m |
| Folles | Le Cluzeau | E3 | 626 m |
| Folles | A l'ouest de Lavaud | E3 | 831 m |
| Fromental | Le Grand Bagnol | E4 | 740 m |
| Folles | Montjourde | E4 | 791 m |
| Folles | Montjourde | E5 | 612 m |
| Folles | Ars | E5 | 636 m |

Ces distances sont toutes supérieures à la distance réglementaire de 500 m. La distance la plus faible entre une habitation et une éolienne est de 612 m, la distance la plus éloignée est de 1 005 m. Ainsi, la distance minimum moyenne entre une éolienne et une habitation la plus proche est de 700 m.

Zones urbanisables les plus proches

Les communes de Folles et de Fromental ne sont pas entrées dans une démarche d'élaboration de document d'urbanisme, et sont donc placées **sous le régime du RNU**, codifié aux articles R.111-1 à R.111-27 du Code de l'urbanisme. Une des règles principales du RNU est celle de la constructibilité limitée aux espaces urbanisés (article L.111-3 dudit Code).

D'après l'alinéa 2 de l'article L.111-4 dudit Code, « peuvent toutefois être autorisés en dehors des parties urbanisées de la commune », notamment, « les constructions et installations nécessaires à l'exploitation agricole, à des équipements collectifs dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière sur le terrain sur lequel elles sont implantées ».

Un parc éolien entre dans ce cadre, puisque les éoliennes peuvent être considérées comme des **équipements collectifs d'intérêt public**. Trois arrêts rendus par le Conseil d'État le 13 juillet 2012 (n°343306, n°345970 et n°349747) soulignent en effet qu'elles contribuent à la satisfaction d'un besoin collectif par la production d'électricité vendue au public, et en ce sens, peuvent donc être qualifiées de la sorte.

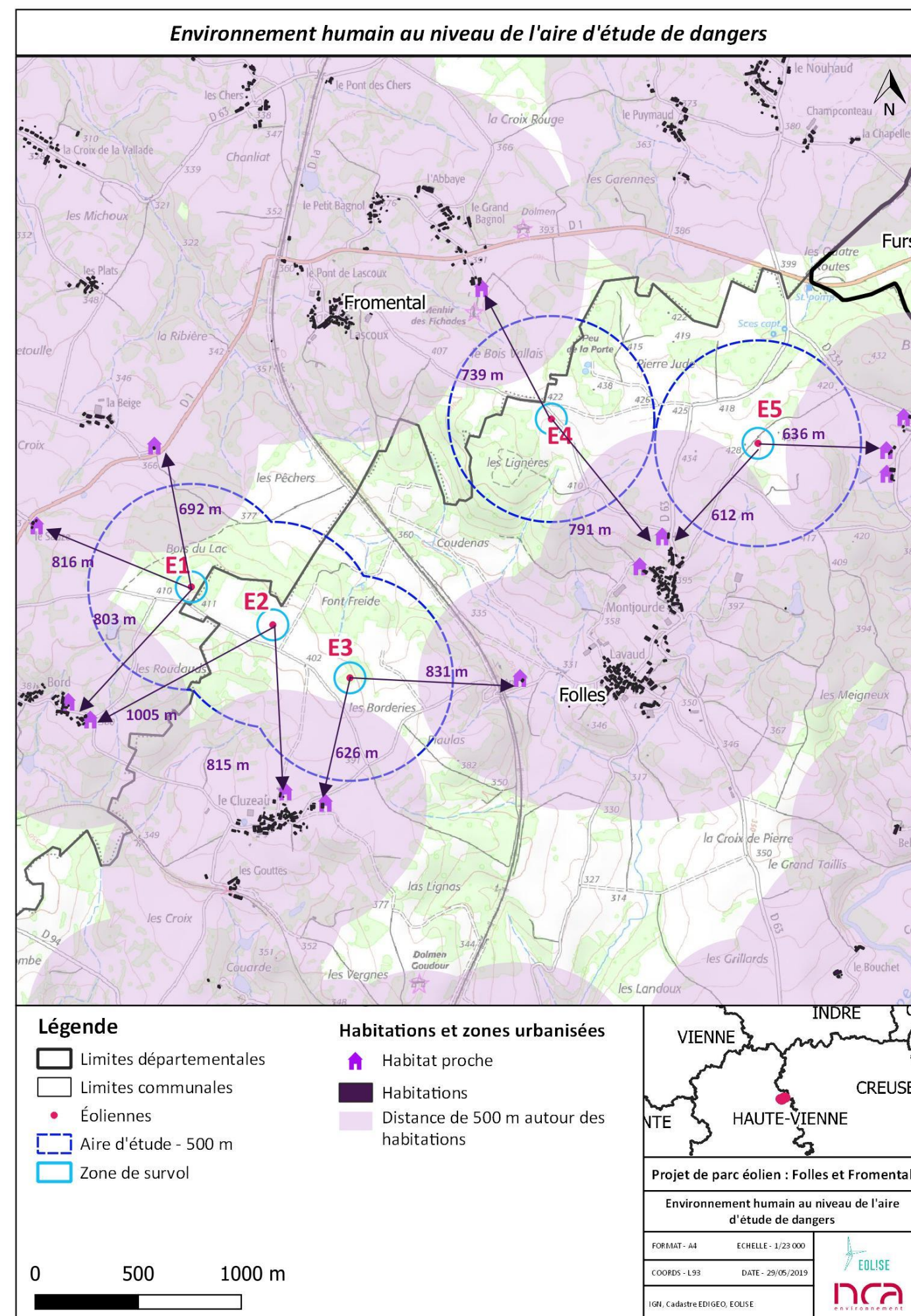
De plus, elles sont compatibles avec l'exercice d'une activité agricole. Elles ne constituent pas d'obstacles pour l'utilisation des machines et outils agricoles et ne consomment pas beaucoup d'espace une fois en fonctionnement. Elles permettent ainsi que les activités existantes ou potentielles se poursuivent normalement ou se mettent en place.

L'aire d'étude n'est pas concernée par des zones urbanisables. L'implantation du parc éolien est autorisée par le RNU applicable sur les communes de Folles et Fromental sous réserve du respect du règlement en vigueur.

Bureau

Conformément à l'article 5 de l'arrêté du 26 août 2011 sur les effets liés aux ombres des éoliennes, la réglementation au titre de l'ICPE impose une étude pour tout bureau situé à moins de 250 m d'une éolienne.

Aucun bureau n'est identifié dans un tel rayon autour des aérogénérateurs.



III. 1. 2. Établissements recevant du public (ERP)

Le terme établissement recevant du public (ERP) est défini à l'article R.123-2 du Code de la construction et de l'habitation, et désigne les lieux publics ou privés accueillant des clients ou des utilisateurs autres que les employés qui sont, eux, protégés par les règles relatives à la santé et sécurité au travail. Cela regroupe un très grand nombre d'établissements : cinémas, théâtres, magasins, bibliothèques, écoles, universités, hôtels, restaurants, hôpitaux, gares, salle des fêtes, maison de retraite...

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

III. 1. 3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base (INB)

L'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011 prévoit que : « l'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de [...] 300 mètres d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n°2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 mai 2000 susvisé en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables ».

ICPE

D'après la base de données des ICPE (www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr) consultée en juin 2019, le département de la Haute-Vienne compte 5 établissements classés SEVESO seuil haut et 2 établissements classés SEVESO seuil bas sur l'ensemble de son territoire. La Creuse possède un seul établissement SEVESO seuil bas implanté à Guéret. Le plus proche est situé à environ 15 km de l'aire d'étude, à la Jonchère St Maurice. Il s'agit de TITANOBEL qui est un dépôt d'explosifs à usage civil, situé au nord de l'aire d'étude.

Selon la même source, les communes de l'aire d'étude comptent 3 ICPE soumises à enregistrement. La plus proche est un établissement spécialisé dans la culture et production animale, chasse et services annexes, à Fromental, à moins de 2 km au nord-ouest de l'aire d'étude.

L'aire d'étude n'est concernée par aucune installation classée pour la protection de l'environnement.

Installation Nucléaire de Base (INB)

Il n'existe aucune INB au niveau de l'aire d'étude. La plus proche est implantée à Civaux, à plus de 80 km, au nord-ouest de celle-ci.

L'aire d'étude n'est concernée par aucune installation nucléaire de base.

III. 1. 4. Autres activités

Activités commerciales et industrielles

Il n'existe aucune activité commerciale ou industrielle, dans les limites de l'aire d'étude de dangers.

Activités agricoles

Comme le montre la carte ci-contre, le contexte d'implantation du parc est principalement agricole. La majorité de l'aire d'étude est occupée par des prairies, des cultures et des forêts de feuillus. L'orientation technico-économique des communes d'implantation est l'élevage des bovins mixtes et viande.

Tableau 4 : Occupation des sols au niveau de l'aire d'étude

(Source : CORINE Land Cover 2012)

| Périmètre | Surface totale (km ²) | Territoires artificialisés | Territoires agricoles | Forêts et milieux semi-naturels | Surfaces en eau |
|--------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------|
| Aire d'étude | 3,22 | 0% | 70% | 30% | 0% |

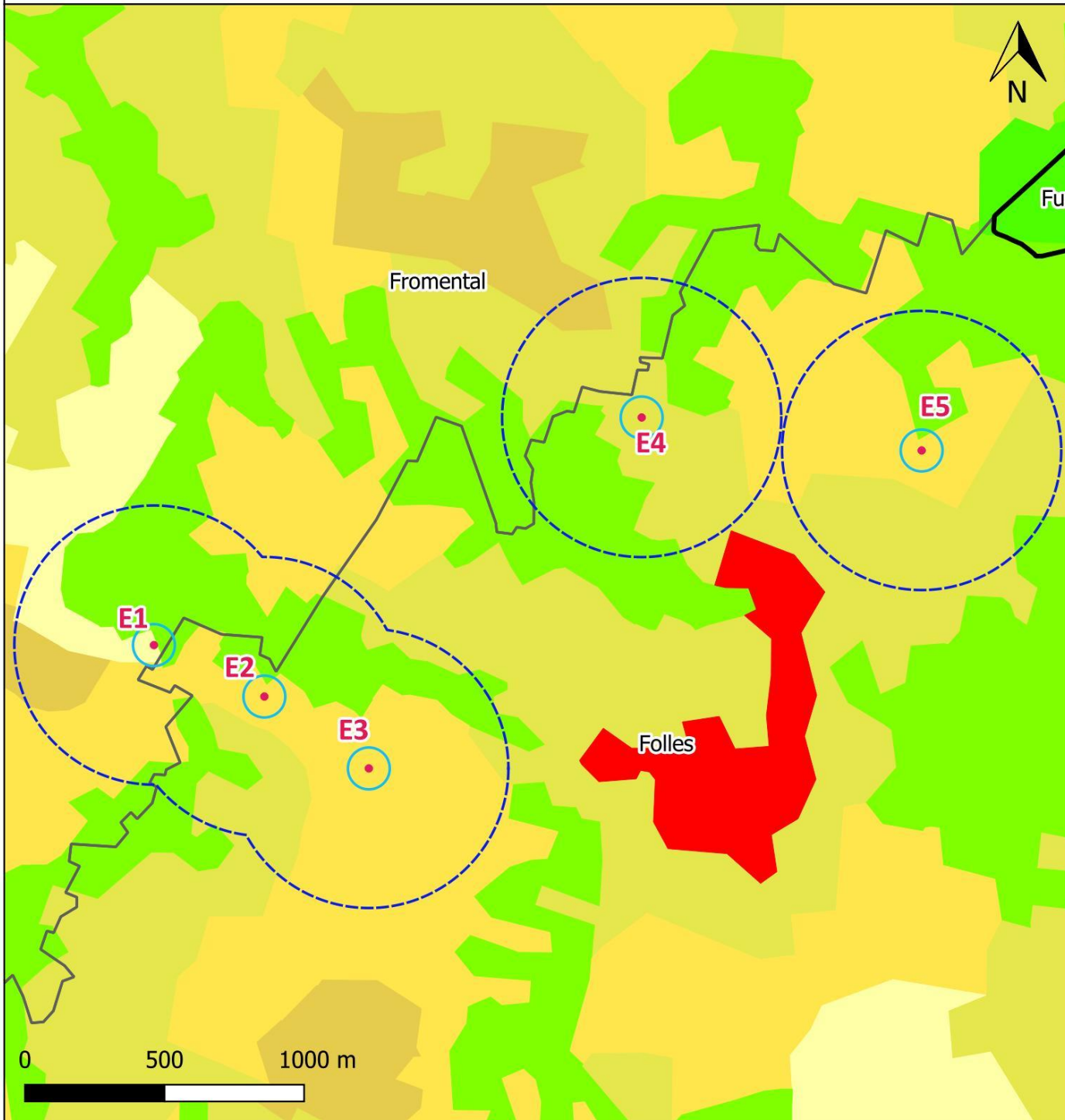
Les données du Registre Parcellaire Graphique (RPG) français permettent d'obtenir des informations supplémentaires sur les cultures agricoles à l'échelle de l'aire d'étude de dangers. Ainsi, en 2016, les cultures principales étaient constituées à plus de 34% de prairies temporaires, 32% de prairies permanentes, 9% de blé tendre et 7% de maïs grain et ensilage.

Activités de loisir

Des activités de loisir peuvent être pratiquées au sein de l'aire d'étude, principalement des promenades et randonnées (présence de chemins de randonnée au sein de l'aire d'étude, cf. carte en page suivante), pédestres comme VTT. Il n'existe de pas de circuit de Grande Randonnée (GR) dans l'aire d'étude, ni de base de loisir.

A titre d'illustration, des photographies de l'aire d'étude sont présentées dans les pages suivantes.

Occupation des sols au niveau de l'aire d'étude de dangers



Légende

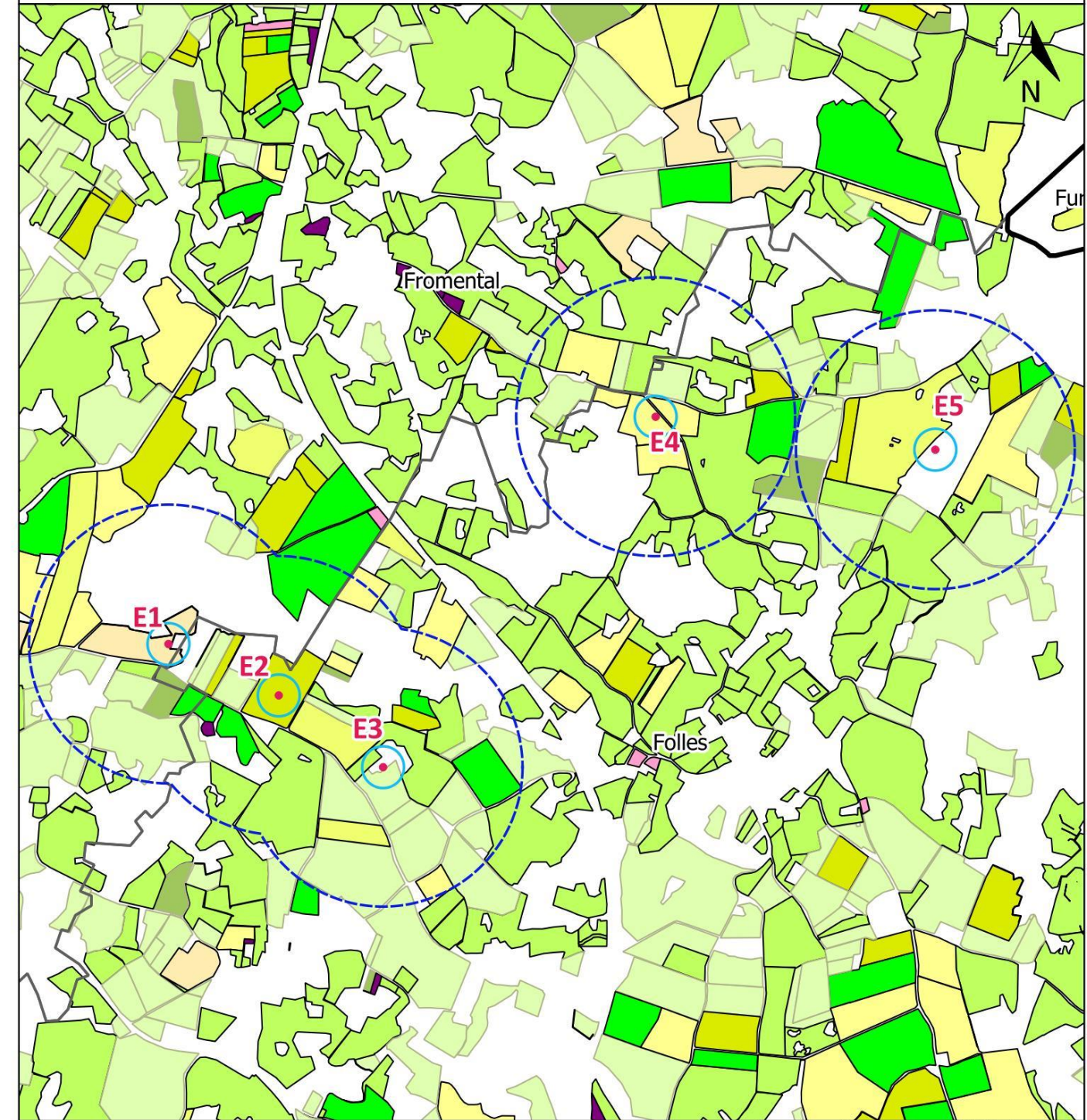
- Limites départementales
- Limites communales
- Éoliennes
- Aire d'étude - 500 m
- Zone de survol

CORINE Land Cover 2012

- 112 - Tissu urbain discontinu
- 211 - Terres arables hors périmètres d'irrigation
- 231 - Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole
- 242 - Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- 243 - Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants
- 311 - Forêts de feuillus
- 313 - Forêts mélangées



Cultures agricoles au niveau de l'aire d'étude de dangers

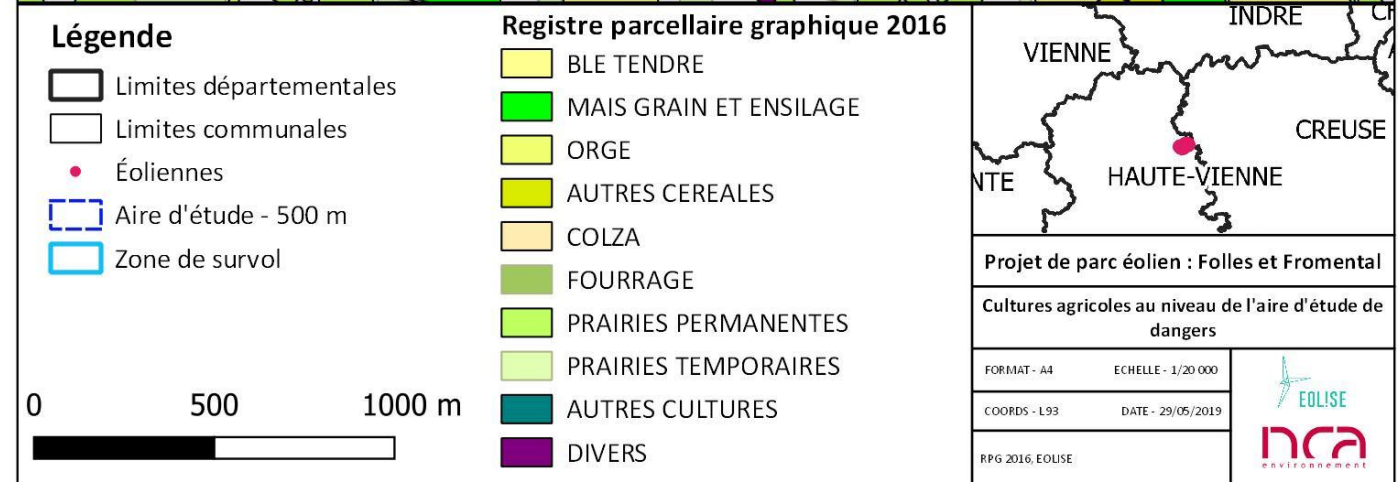


Légende

- Limites départementales
- Limites communales
- Éoliennes
- Aire d'étude - 500 m
- Zone de survol

Registre parcellaire graphique 2016

- BLE TENDRE
- MAIS GRAIN ET ENSILAGE
- ORGE
- AUTRES CEREALES
- COLZA
- FOURRAGE
- PRAIRIES PERMANENTES
- PRAIRIES TEMPORAIRES
- AUTRES CULTURES
- DIVERS





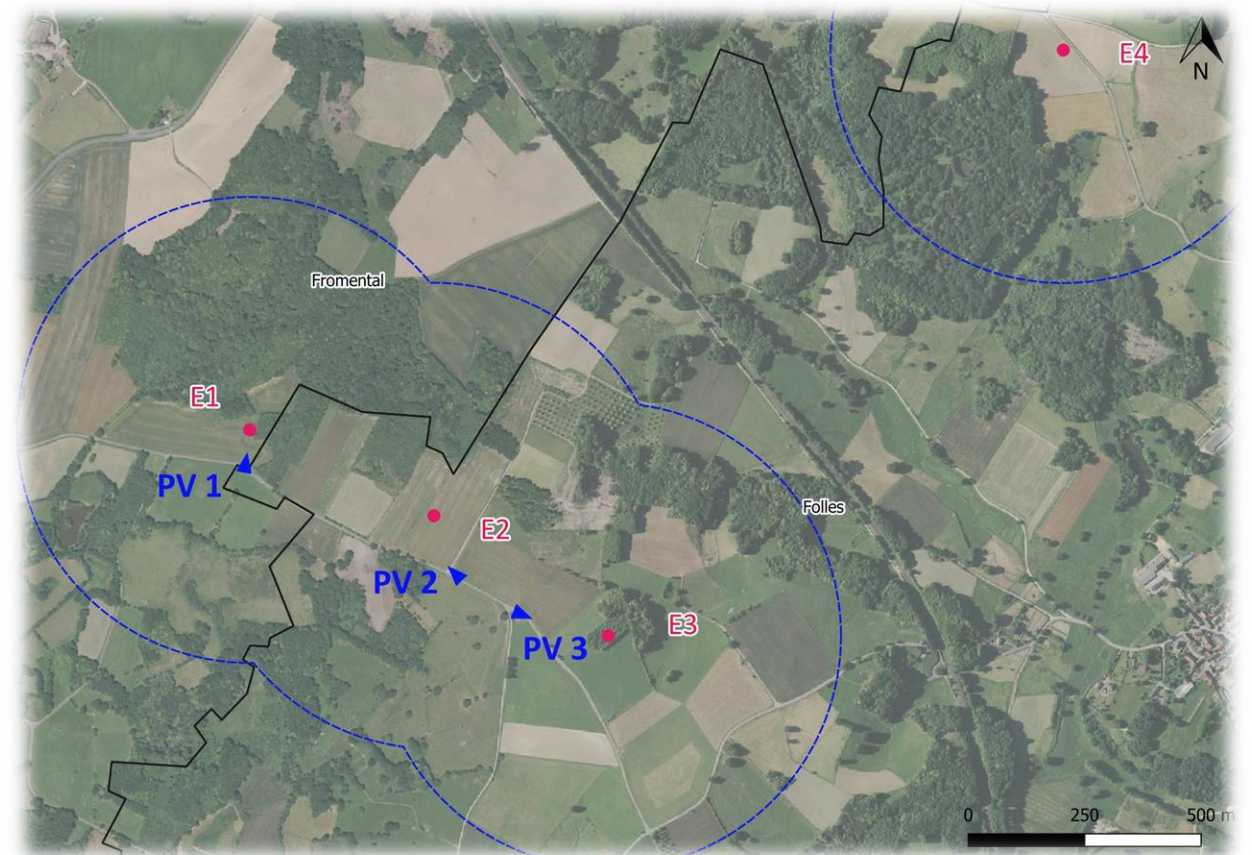
PV1 : Vue depuis un chemin vers le nord-est de l'aire d'étude en direction de l'éolienne E1



PV2 : Vue du mât de mesures depuis la route traversant l'aire vers le nord-ouest et l'éolienne E2



PV3 : Vue sur la route traversant l'aire d'étude en direction du sud-est et de l'éolienne E3



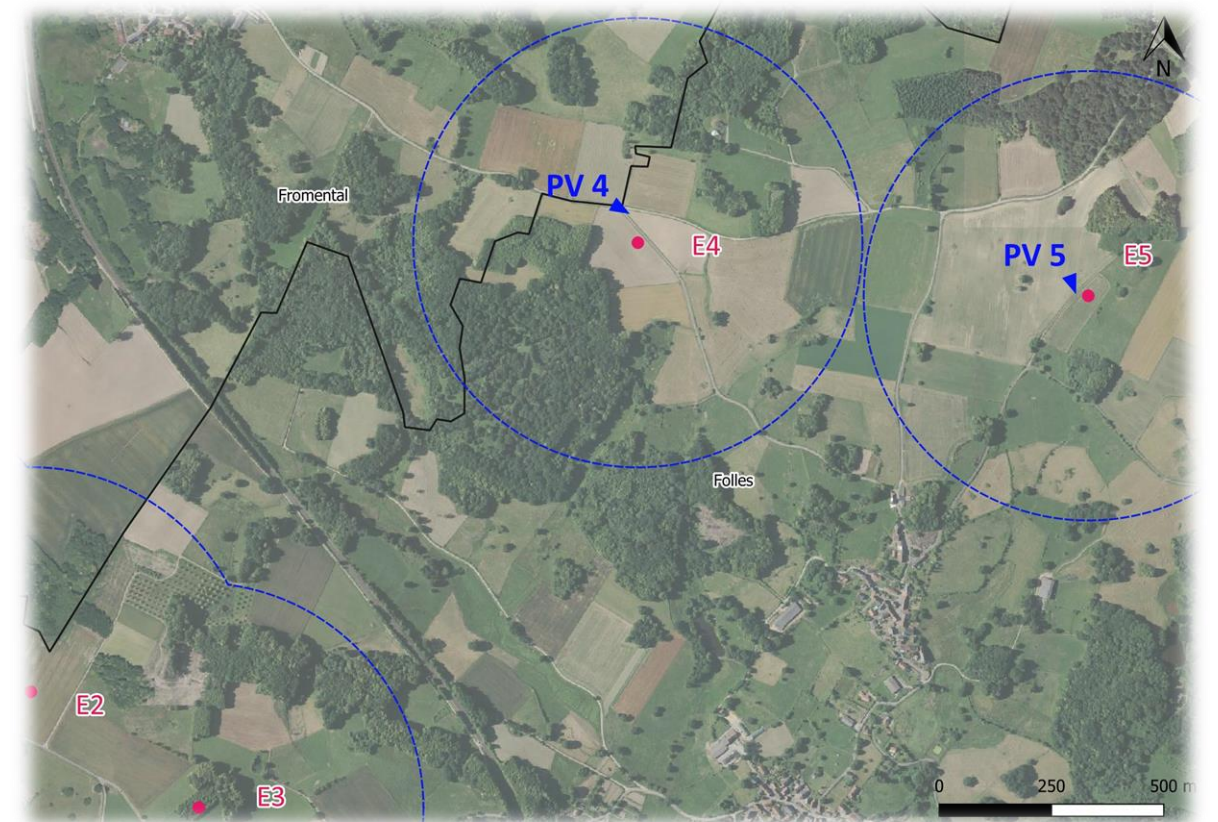
Localisation des points de vue 1, 2 et 3



PV4 : Vue depuis la RD63 en direction de l'est et de l'éolienne E4

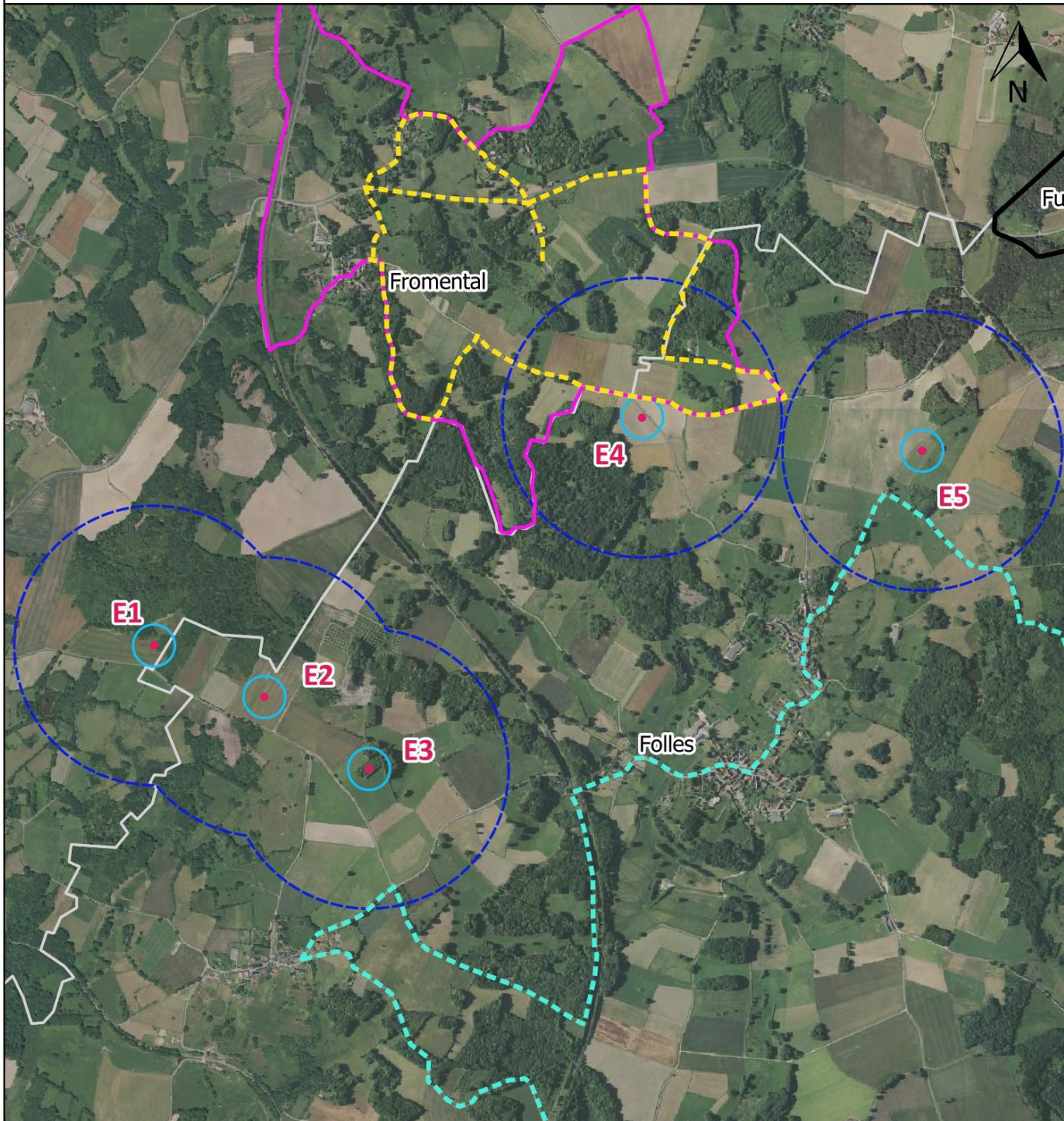


PV5 : Vue panoramique depuis la route communale vers l'est de l'aire d'étude en direction de l'éolienne E5



Localisation des points de vue 4 et 5

Circuits des randonnées pédestres au niveau de l'aire d'étude de dangers



| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| Légende ■ Limites départementales □ Limites communales ● Éoliennes □ Aire d'étude - 500 m □ Zone de survol | | Circuits des randonnées --- Circuit des "Pierres Magnat" --- Circuit des "Fontaines et Lavoires" --- Circuit des "Monts et Vallées" | | |
| Projet de parc éolien : Folles et Fromental Circuits des randonnées pédestres au niveau de l'aire d'étude de dangers | | | | |
| FORMAT - A4 ECHELLE - 1/20 000 | | COORDS - L93 DATE - 29/05/2019 | | |
| Ortho, FRFP, L'association "Les Fauchoux", EOLISE | | | | |

III. 2. Environnement naturel

III. 2. 1. Contexte climatique

La Haute-Vienne possède un climat assez contrasté dû à son relief composé de vallées, plateaux et monts du massif central. Le climat est principalement tempéré océanique pour la partie ouest du département, avec une légère tendance montagnarde vers l'est.

III. 2. 1. 1. Ensoleillement

Les données climatiques relatives à l'ensoleillement de l'aire d'étude sont fournies par la station Météo France de Limoges-Bellegarde (87), située à environ 42 km au nord-ouest par rapport à l'aire d'étude, pour la période 1991-2010 :

- La durée moyenne d'ensoleillement est de 1 899,8 h par an, soit 5,2 h en moyenne par jour ;
- Le nombre moyen de jours avec un bon ensoleillement est de 83 jours par an.

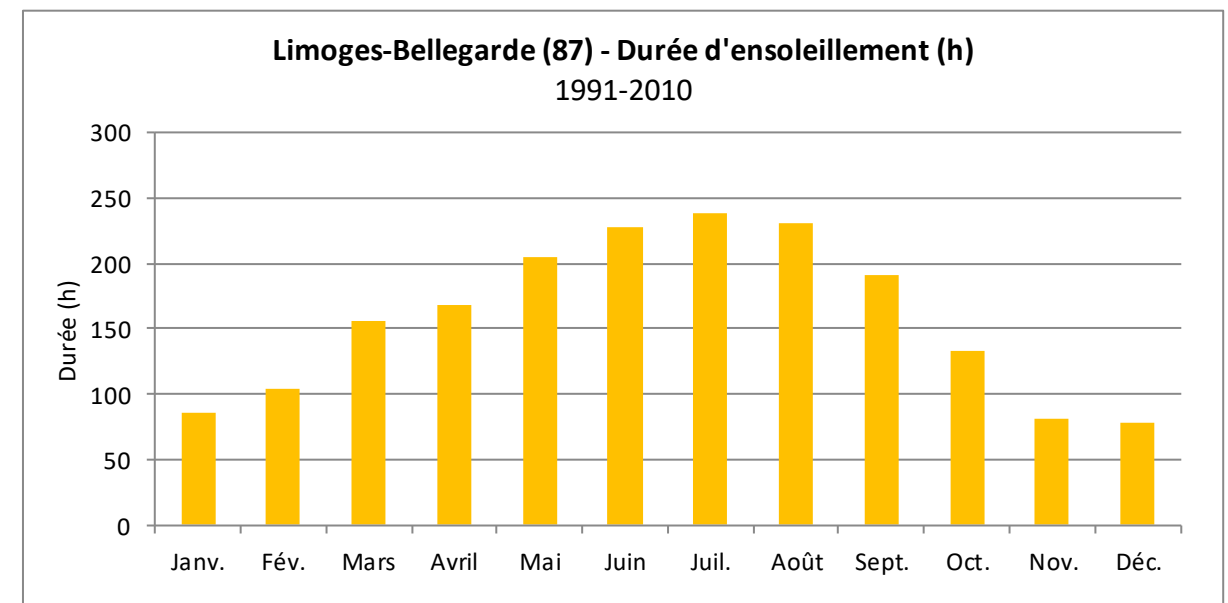


Figure 2 : Durée moyenne d'ensoleillement sur l'année à Limoges-Bellegarde (87). 1991-2010.
 (Source : d'après Météo France)

La zone d'étude est donc relativement bien ensoleillée, notamment en hiver, avec plus de 77 h d'ensoleillement en moyenne au mois de décembre.

III. 2. 1. 2. Températures

Les normales annuelles de températures fournies ci-après proviennent du récapitulatif des mesures effectuées à la station Météo France de La Souterraine (23) entre 1981 et 2010 (statistiques).

Tableau 5 : Températures moyennes sur la station de La Souterraine (23). 1981-2010.

(Source : Météo France)

| | Janv. | Fév. | Mars | Avril | Mai | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | ANNEE |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|
| Températures moyennes (°C) | | | | | | | | | | | | | |
| Mini | 0,6 | 0,5 | 2,6 | 4,6 | 8,2 | 11,3 | 13,2 | 12,8 | 10,0 | 7,7 | 3,3 | 1,3 | 6,4 |
| Maxi | 7,0 | 8,2 | 11,6 | 14,4 | 18,6 | 22,2 | 24,9 | 24,6 | 20,9 | 16,4 | 10,4 | 7,4 | 15,6 |
| Moyenne | 3,8 | 4,4 | 7,1 | 9,5 | 13,4 | 16,8 | 19,1 | 18,7 | 15,5 | 12,1 | 6,9 | 4,4 | 11,0 |
| Nombre moyen de jours avec | | | | | | | | | | | | | |
| T _{max} ≤ 0 °C | 3,1 | 1,8 | 0,2 | / | / | / | / | / | / | / | 0,5 | 2,4 | 8,1 |
| T _{min} ≤ 0 °C | 13,5 | 13,4 | 8,7 | 3,6 | 0,3 | / | / | / | / | 1,2 | 7,3 | 12,7 | 60,7 |

La température moyenne annuelle est de 11°C.

En été, les températures moyennes mensuelles dépassent légèrement 19°C durant le mois de juillet, sachant que les températures maximales ne dépassent pas 24,9°C.

L'hiver est modéré : les moyennes enregistrées durant les mois de décembre à février avoisinent les 5°C et les minimales sont proches de 0,5°C.

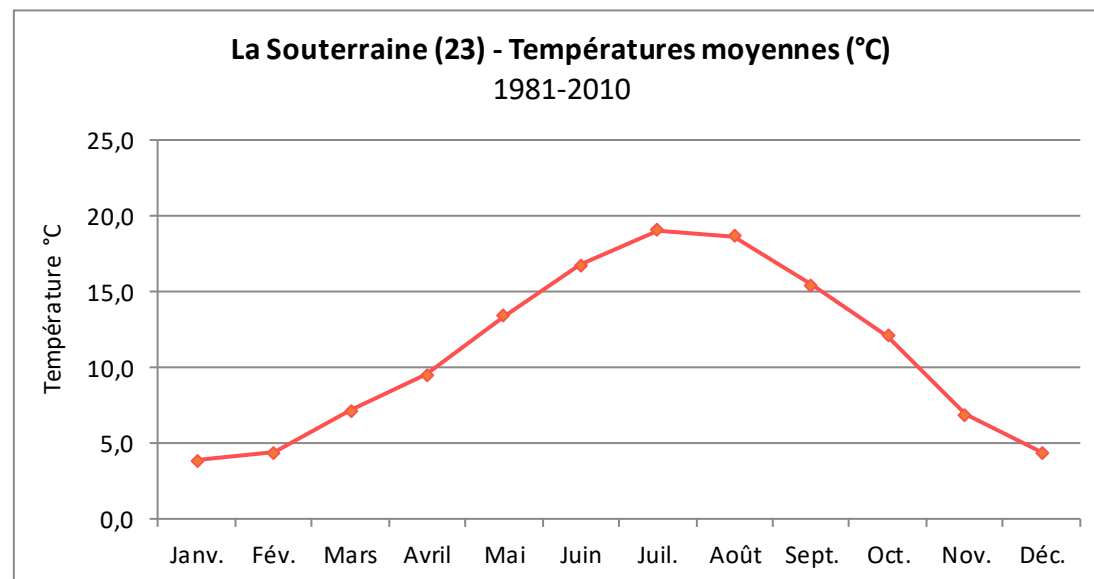


Figure 3 : Températures moyennes à La Souterraine (23). 1981-2010.

(Source : d'après Météo France)

L'amplitude thermique, correspondant à la différence entre la moyenne du mois le plus chaud (juillet : 19,1°C) et celle du mois le plus froid (janvier : 3,8°C), s'élève à 15,3°C.

On compte plus de 60 jours de gel en moyenne par an (13,8 avec une température inférieure à -5°C), et plus de 11,7 jours par an en moyenne avec une température supérieure à 30°C.

III. 2. 1. 3. Précipitations

Les hauteurs mensuelles de précipitations moyennes relevées sur la station Météo France de La Souterraine (23), pour la période 1981-2010, sont détaillées en page suivante.

Tableau 6 : Précipitations moyennes sur la station de La Souterraine (23). 1981-2010.

(Source : Météo France)

| | Janv. | Fév. | Mars | Avril | Mai | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | ANNEE |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
| Précipitations moyennes (mm) | 94,2 | 80,9 | 80,5 | 88,0 | 97,7 | 74,1 | 65,8 | 72,2 | 82,3 | 98,7 | 94,1 | 100,6 | 1029,1 |

La zone d'étude présente une pluviométrie assez importante, avec un cumul annuel moyen de 1 029,1 mm. La moyenne des précipitations au cours de l'année est de 85,6 mm par mois.

La plus forte amplitude s'observe entre le mois chaud et sec de juillet (65,8 mm) et le mois de décembre (100,6 mm).

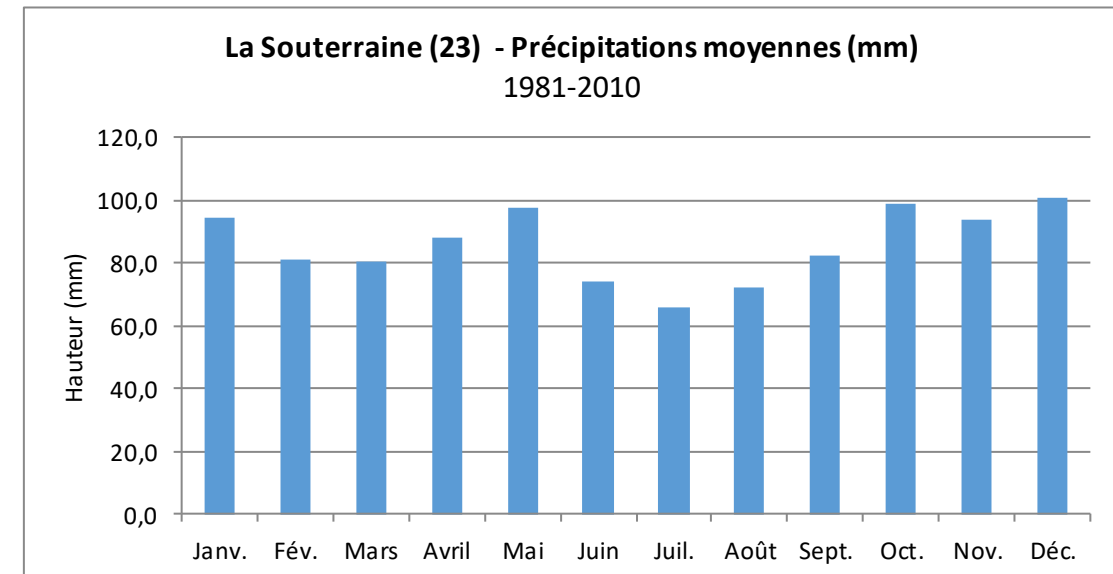


Figure 4 : Précipitations moyennes à La Souterraine (23). 1981-2010.

(Source : d'après Météo France)

III. 2. 1. 4. Vent

Rose des vents

La rose des vents de la station Météo France Limoges-Bellegarde (87) détermine les secteurs de vents dominants relevés sur la période 1991-2010. Il s'agit de la station la plus proche dotée d'une rose des vents.

La hauteur de mesure de vent à Limoges est de 10 m à une altitude de 402 m.

NORMALES DE ROSE DE VENT

Vent horaire à 10 mètres, moyenné sur 10 mn

Période 1991-2010

1480005

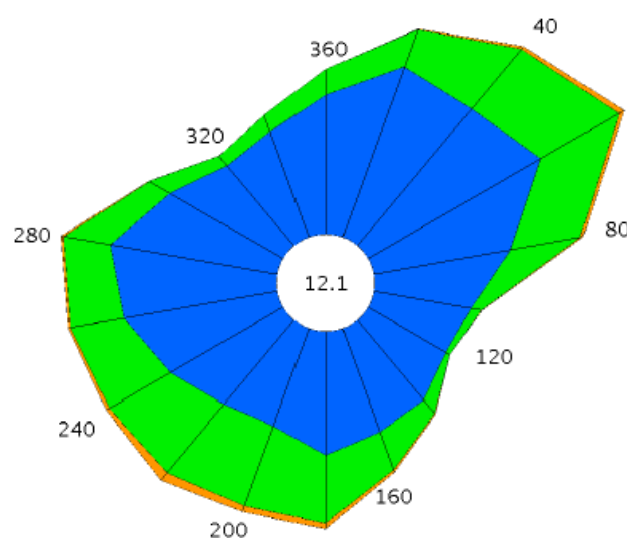
LIMOGES-BELLEGARDE (87)

Indicatif : 87085006, alt : 402 m., lat : 45°51'36"N, lon : 01°10'30"E

Fréquence des vents en fonction de leur provenance en %

Valeurs trihoraires entre 0h00 et 21h00, heure UTC

Tableau de répartition
Nombre de cas étudiés : 58440
Manquants : 17



| Dir. | [1,5;4,5 [| [4,5;8,0 [| > 8,0 m/s | Total |
|-----------|-------------|-------------|-----------|-------|
| 20 | 4.9 | 1.1 | + | 6.0 |
| 40 | 4.8 | 2.1 | + | 7.0 |
| 60 | 5.4 | 2.5 | 0.2 | 8.0 |
| 80 | 3.7 | 1.9 | 0.1 | 5.8 |
| 100 | 2.7 | 0.3 | + | 3.0 |
| 120 | 2.4 | 0.1 | 0.0 | 2.6 |
| 140 | 2.8 | 0.5 | + | 3.3 |
| 160 | 2.9 | 1.1 | + | 4.1 |
| 180 | 3.3 | 1.8 | 0.1 | 5.3 |
| 200 | 2.8 | 2.3 | 0.2 | 5.2 |
| 220 | 2.9 | 2.4 | 0.2 | 5.6 |
| 240 | 3.5 | 1.9 | 0.1 | 5.5 |
| 260 | 4.2 | 1.4 | + | 5.7 |
| 280 | 4.6 | 1.3 | + | 5.9 |
| 300 | 3.5 | 0.6 | + | 4.2 |
| 320 | 2.8 | 0.3 | 0.0 | 3.1 |
| 340 | 3.0 | 0.5 | + | 3.5 |
| 360 | 3.8 | 0.7 | 0.0 | 4.4 |
| Total | 63.9 | 22.7 | 1.3 | 87.9 |
| [0;1,5 [| | | | 12.1 |

Groupes de vitesses (m/s)



Pourcentage par direction



Dir. : Direction d'où vient le vent en rose de 360° : 90° = Est, 180° = Sud, 270° = Ouest, 360° = Nord
le signe + indique une fréquence non nulle mais inférieure à 0.1%

Page 1/1

Figure 5 : Rose de vent à Limoges-Bellegarde (87) 1991-2010.

(Source : Météo France)

Les vents dominants proviennent principalement du sud-ouest et du nord-est. Les vents les plus fréquents ont de vitesses moyennes, comprises entre 1,5 et 4,5 m/s (63,9%). Les vents les plus forts (> 8 m/s) sont négligeables (1,3%).

Étude de vent sur site

Afin de caractériser finement le gisement éolien du site, EOLISE a installé un mât de mesures de vent sur site. Cette installation permet de mesurer en continu les différentes caractéristiques du vent en particulier sa vitesse, son orientation et son niveau de turbulence mais également la température.

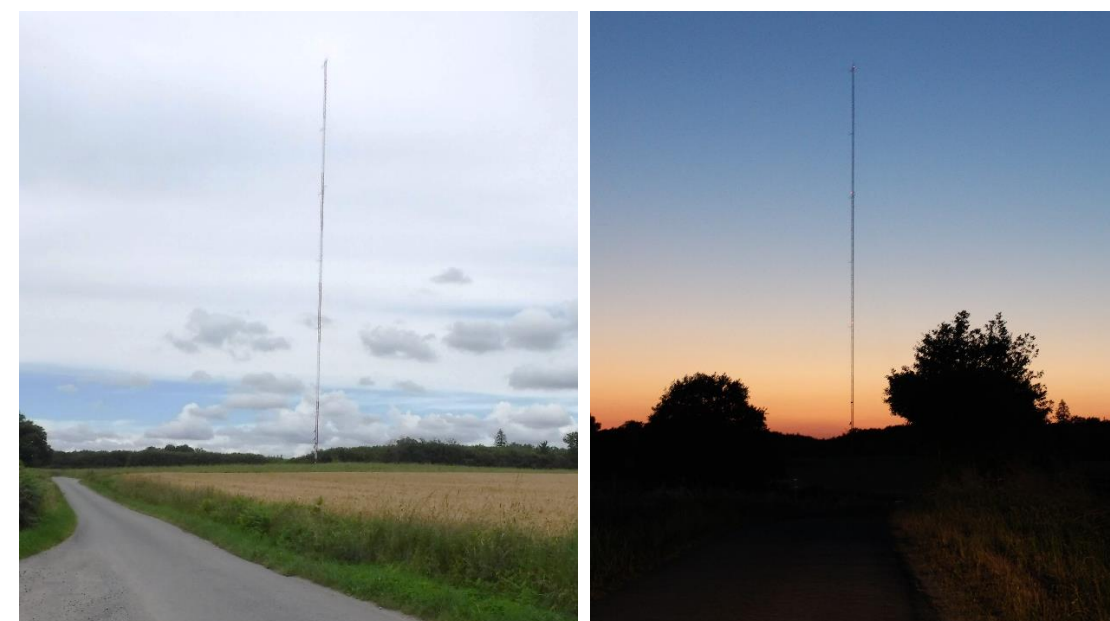


Figure 6 : Mât de mesures anémométriques du projet de Folles

(Crédit photo : EOLISE et NCA)

Le mât de mesures de vent a été mis en **service le 26 avril 2018** et a fonctionné jusqu'à son sabotage le **27 décembre 2018**. La période de mesure couvre **8 mois complets** ce qui est suffisant pour établir des **premières estimations de productible**.

Le sabotage du mât est un acte de vandalisme grave et dangereux qui fait actuellement l'objet d'une enquête de la gendarmerie.

Ce premier mât de mesures a été remplacé par une nouvelle installation mise **en service le 9 juin 2019**. Ce nouveau mât de 120 m permettra d'affiner les 8 premiers mois de mesure et de réduire au minimum le niveau d'incertitude des estimations. La précision attendue par cette nouvelle campagne de mesure pourrait impliquer des variations faibles des résultats de l'ordre de quelques pourcents. Les estimations ici présentées sont donc qualitatives et suffisantes pour les calculs.

Sur la **période de mesure de 8 mois**, la rose des vents est la suivante. Il s'agit de la fréquence des vents répartis selon 12 directions et classée par vitesse de vent :

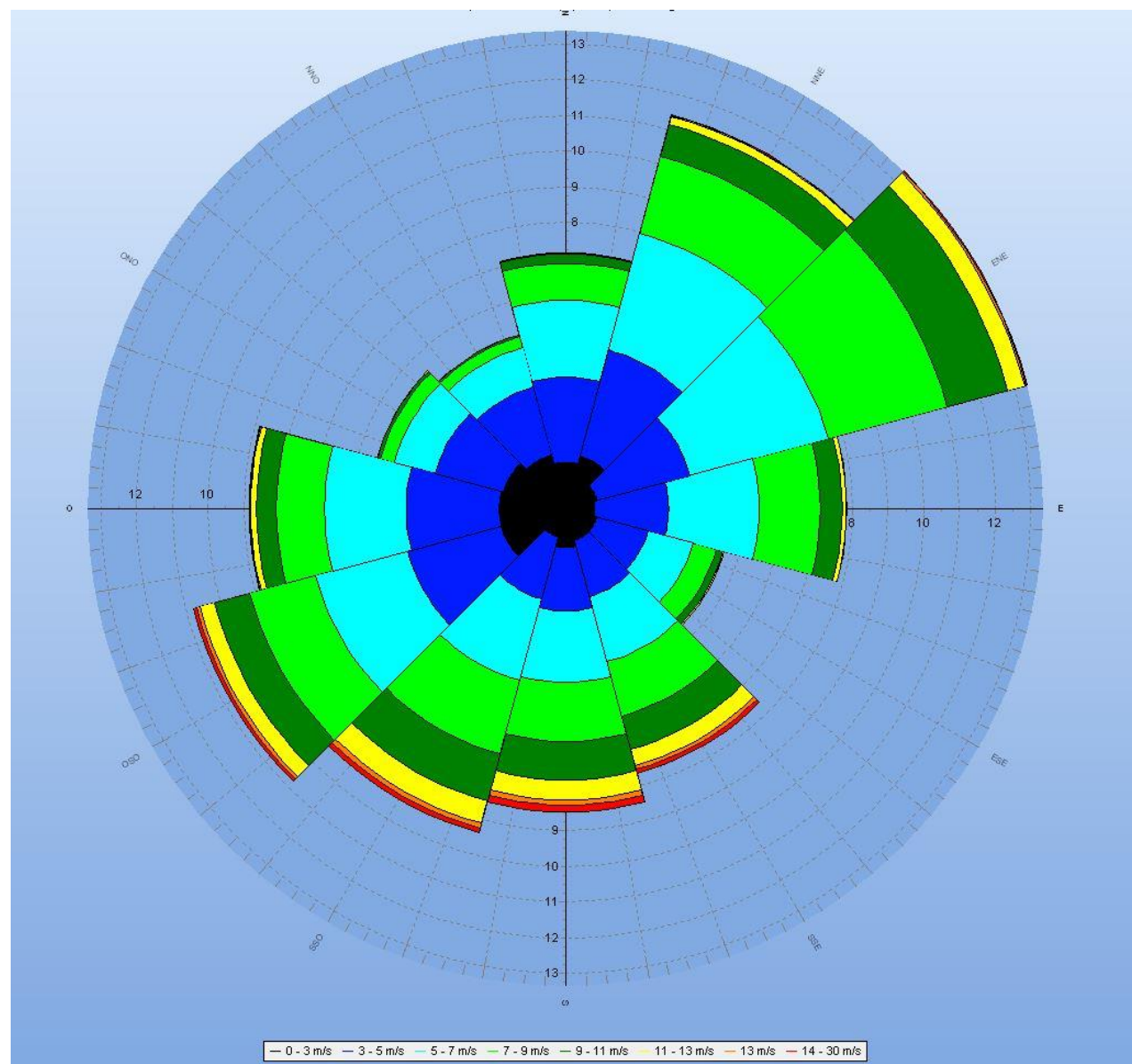


Figure 7 : Rose des vents
(Source : EOLISE)

Pour permettre une estimation fiable il est nécessaire d'extrapoler ces mesures de vent sur une période d'une année complète et sur le long terme.

Données sur le long terme

Le potentiel de vent moyen est variable d'une année sur l'autre. Il est donc nécessaire d'utiliser une source de données long terme sur une période assez importante pour être représentative. Celle utilisée correspond aux seize dernières

années pleines soit 2003 à 2018. La source des données long terme est une agrégation de données satellites représentatives basées sur la référence ERA5. Les données sont disponibles au pas horaire avec un maillage fin de 3 par 3 km. Cette donnée long terme se situe à proximité directe du site et du mât de mesures de vent.

Extrapolation sur le long terme

Une fois les données de vent extrapolées à long terme, sur une période de 16 années, le résultat est le suivant :

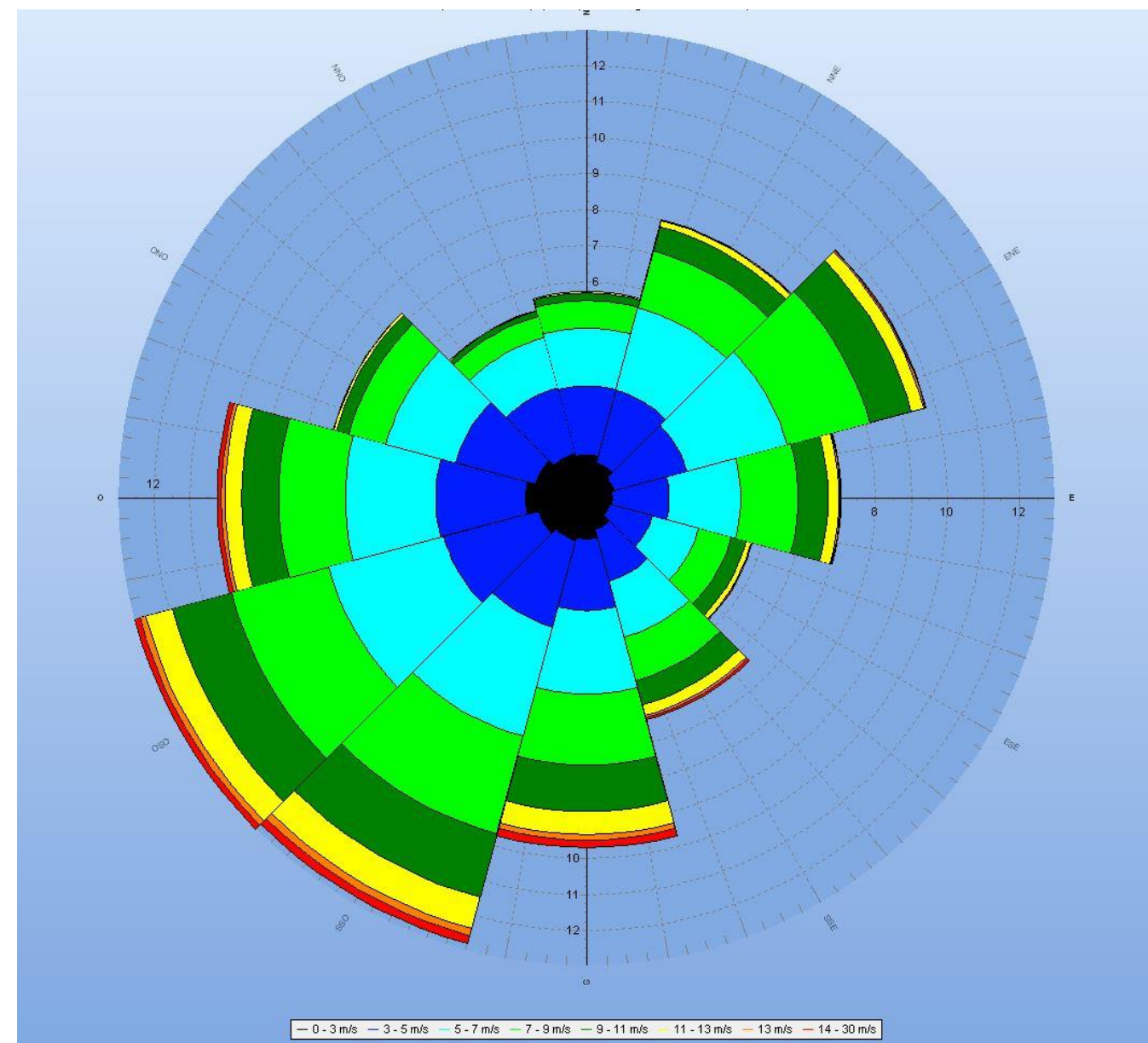


Figure 8 : Rose des vents sur le long terme (2003-2018)
(Source : EOLISE)

La **vitesse du vent moyenne annuelle à 125 m de hauteur, soit la hauteur du mât, est de 6,2 m/s.**

III. 2. 2. Risques naturels

La notion de risque naturel recouvre l'ensemble des menaces que certains phénomènes et aléas naturels font peser sur des populations, des ouvrages et des équipements. Plus ou moins violents, ces événements naturels sont toujours susceptibles d'être dangereux aux plans humain, économique ou environnemental.

Dans la Haute-Vienne, les risques naturels majeurs identifiés sont les inondations, les séismes, les feux de forêt, les mouvements de terrain, et les événements climatiques comme les tempêtes et chutes de neige.

Le tableau suivant récapitule les risques naturels présents sur les communes de l'aire d'étude, qui sont ensuite repris séparément dans les paragraphes suivants pour les communes de Folles et de Fromental. Les données sont issues de plusieurs sites internet, dont *Georisques.gouv.fr* sur la prévention des risques majeurs du Ministère en charge de l'écologie, ainsi que du DDRM de la Haute-Vienne, disponible sur le site internet de la Préfecture.

Tableau 7 : Les risques naturels sur les communes de l'aire d'étude

| Communes | Inondation | Séisme | Feu de forêt | Mouvement de terrain | Tempête |
|-----------|------------|----------------------|--------------|----------------------|---------|
| Folles | - | Zone 2 (Aléa faible) | - | - | X |
| Fromental | - | Zone 2 | - | - | X |

III. 2. 2. 1. Inondation

Une inondation est une submersion plus ou moins rapide d'une zone, avec des hauteurs d'eau variables. Elle peut se traduire par un débordement du cours d'eau, une remontée de la nappe phréatique, ou une stagnation des eaux pluviales.

Inondation par submersion / débordement

Une **crue** est la résultante de plusieurs composantes concernant à la fois les eaux de surface et les eaux souterraines : ruissellement des versants, apport de l'amont par la rivière, écoulement des nappes voisines de versants et des plateaux voisins, saturation de la nappe alluviale, porosité et états de surface des sols au moment des pluies, capacité relative de la rivière à évacuer cette eau.

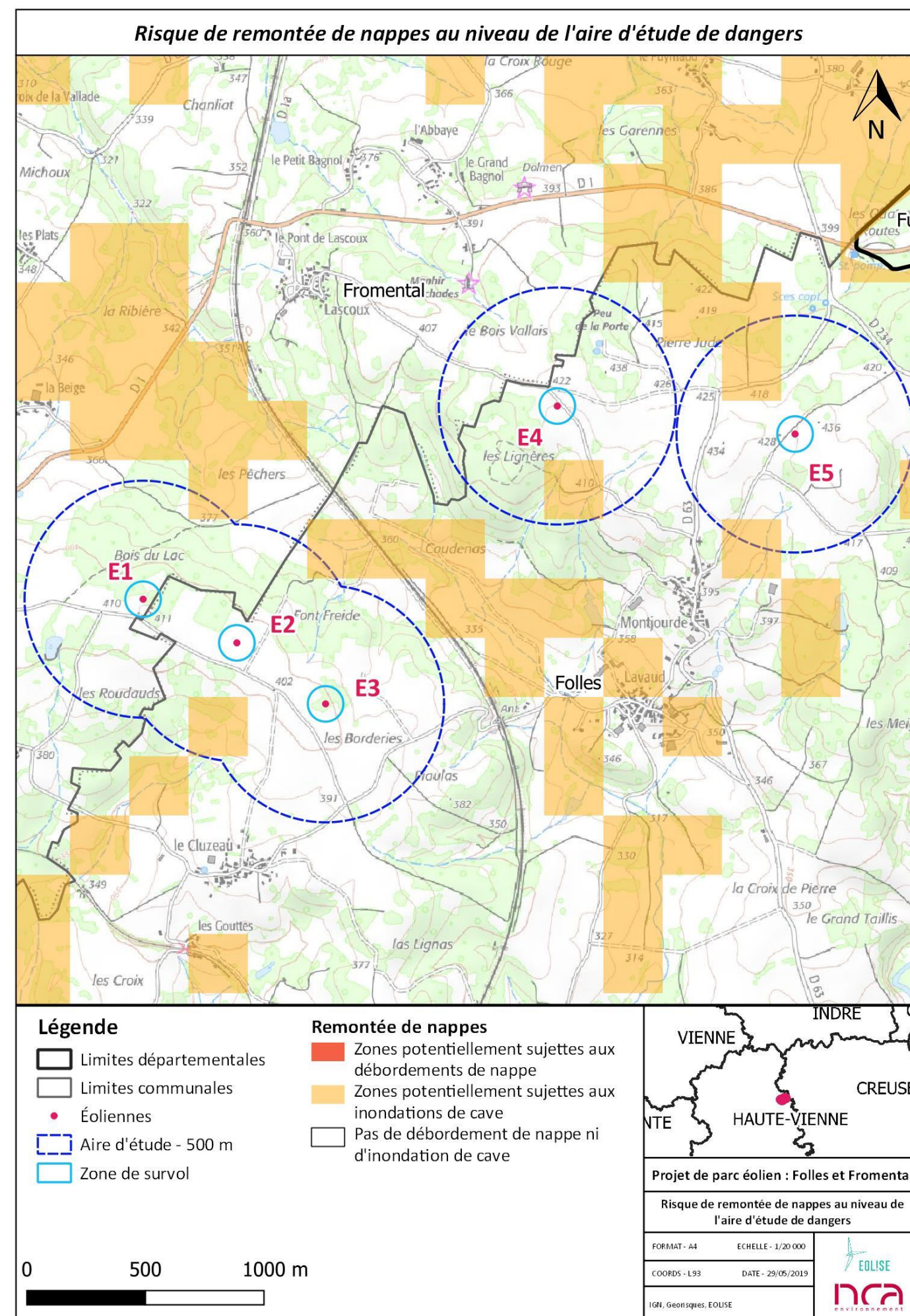
Sur les communes de l'aire d'étude, aucune n'est concernée par le risque d'inondation.

Toutefois, Folles est recensée dans un Atlas des Zones inondables (AZI), intitulé « Gartempe amont » datant de 2005, mais ne fait pas l'objet d'un Plan de Prévention des Risques (PPRI). Elle n'est pas non plus située dans un Territoire à Risque Important d'inondation (TRI).

Les deux communes d'implantation du parc éolien ne sont pas soumises au risque inondation.

Inondation par remontée de nappes

On appelle zone « **sensible aux remontées de nappes** » un secteur dont les caractéristiques d'épaisseur de la Zone Non Saturée, et de l'amplitude du battement de la nappe superficielle, sont telles qu'elles peuvent déterminer une émergence de la nappe au niveau du sol, ou une inondation des sous-sols à quelques mètres sous la surface du sol.



Le site *Géorisques* présente des cartes départementales de sensibilité au phénomène de remontées de nappes. La cartographie au niveau de l'aire d'étude, en page précédente, indique qu'il n'existe aucun risque d'inondation (ni débordement de nappe ni inondation de cave) au droit des éoliennes.

Quelques petites parties de l'aire d'étude sont recensées comme étant des zones potentiellement sujettes aux inondations de cave. Au niveau de l'implantation des éoliennes, aucune zone n'est repérée.

III. 2. 2. 2. Séisme

Un séisme est une fracturation brutale des roches en profondeur créant des failles dans le sol et parfois en surface, et se traduisant par des vibrations du sol transmises aux fondations des bâtiments. Les dégâts observés sont fonction de l'amplitude, de la fréquence et de la durée des vibrations.

Le risque sismique peut se définir comme étant l'association entre l'aléa (probabilité de faire face à un séisme) et la vulnérabilité des enjeux exposés (éléments potentiellement exposés et manière dont ils se comporteraient face au séisme).

Les communes de l'aire d'étude se situent dans une zone à risque de sismicité faible (niveau 2), d'après le décret n°2010-125 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.

L'aire d'étude se trouve en zone d'aléa faible par rapport au risque sismique.

III. 2. 2. 3. Feu de forêt

Un feu de forêt est défini comme un sinistre qui se déclare et se propage sur une surface d'au moins un hectare de forêt.

Les communes de l'aire d'étude ne possèdent pas de massif classé à risque et selon le site internet *Géorisques.gouv.fr*, ne sont pas soumises au risque de feu de forêt.

L'aire d'étude n'est pas soumise au risque feu de forêt.

III. 2. 2. 4. Mouvements de terrain

Généralités

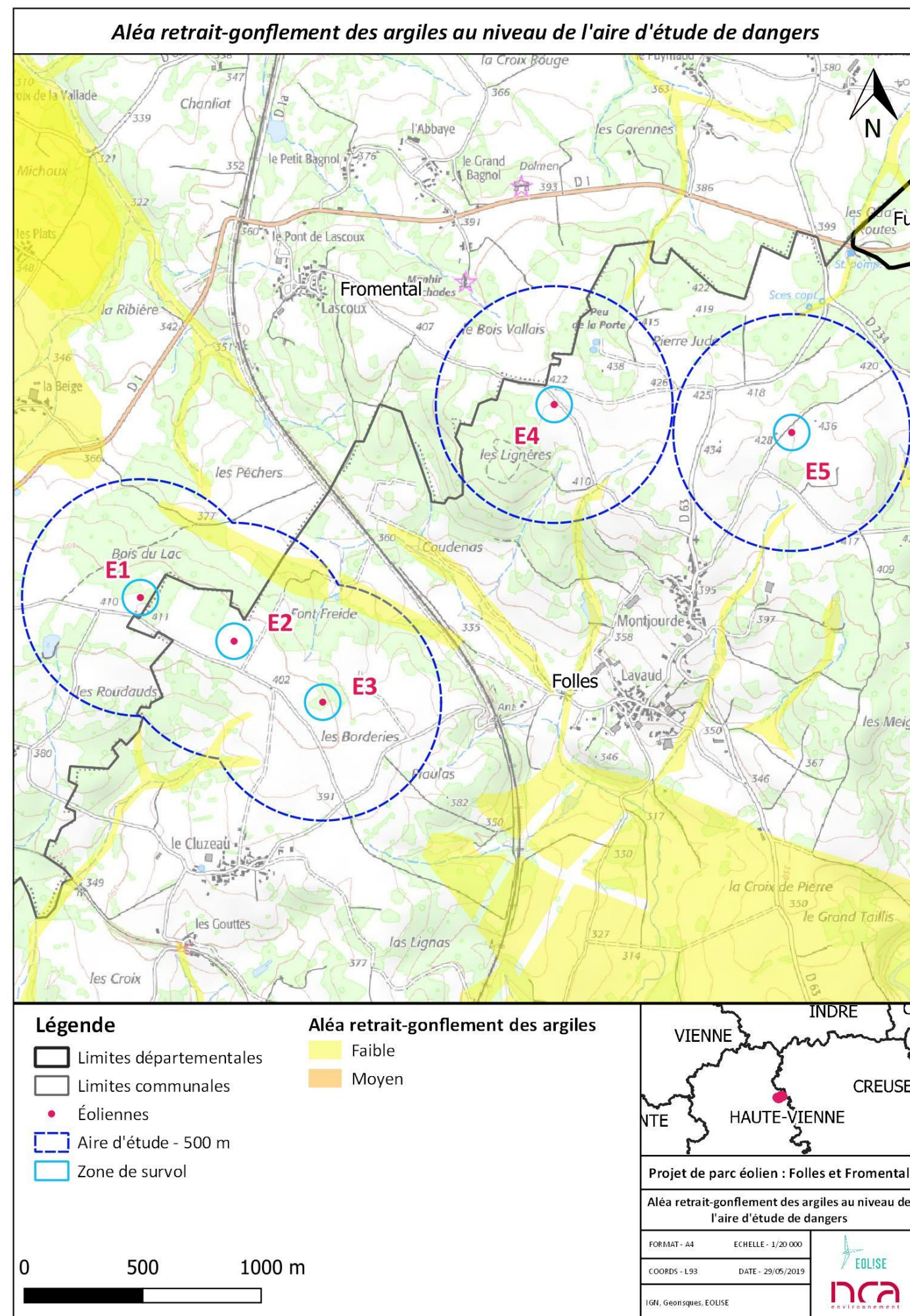
Un **mouvement de terrain** est un déplacement plus ou moins brutal du sol ou du sous-sol, dû à des processus lents de dissolution ou d'érosion favorisés par l'action de l'eau et/ou de l'homme. Il est fonction de la nature et de la disposition des couches géologiques.

D'après le site *georisques.gouv.fr* et le DDRM 87, les communes de l'aire d'étude ne sont pas soumises au risque de mouvements de terrain.

Retrait-gonflement des argiles

Le **retrait-gonflement des argiles** est un phénomène naturel qui se caractérise par une variation du volume des argiles présentes en surface, notamment en période sèche, en fonction de leur niveau d'humidité.

Le BRGM a cartographié le risque de mouvement différentiel de terrain dû aux argiles en recensant la présence d'argiles gonflantes dans les sols. La consultation de ces cartes montre que l'aire d'étude présente un risque faible à nul face au retrait-gonflement des argiles.



Le risque de retrait-gonflement des argiles est quasiment nul dans l'aire d'étude, excepté au niveau du Bois du Lac où l'aléa est faible.

Cavités souterraines

Le site *Géorisques* recense, identifie et caractérise au sein d'une base de données les cavités souterraines sur le territoire français depuis 2001. Ces cavités peuvent être d'origine naturelle (érosion, dissolution...) ou anthropique (exploitation de matières premières, ouvrages civils...). Les risques associés à leur présence sont des affaissements de terrain, des effondrements localisés ou généralisés.

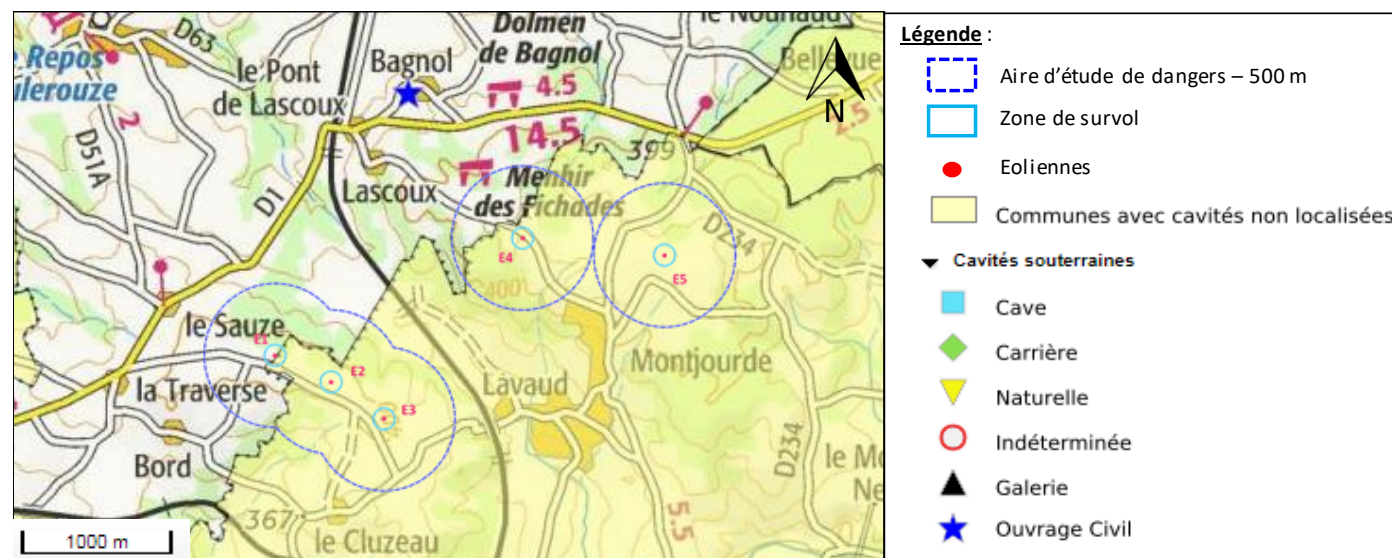


Figure 9 : Cartographie des cavités souterraines présentes au niveau de l'aire d'étude
 (Source : Géorisques)

Selon le BRGM, aucune cavité n'est présente dans l'aire d'étude. Cependant, une grande partie (à l'est) de l'aire d'étude est sur une zone avec des cavités non localisées.

Aucune cavité n'est recensée au sein de l'aire d'étude. Toutefois elle comprend des cavités non localisées.

III. 2. 2. 5. Tempêtes

Une tempête correspond à l'évolution d'une perturbation atmosphérique, ou dépression, le long de laquelle s'affrontent deux masses d'air aux caractéristiques distinctes (température, teneur en eau). De cette confrontation naissent notamment des vents pouvant être très violents. On parle de tempête lorsque les vents dépassent 89 km/h. L'essentiel des tempêtes touchant la France se forme sur l'océan Atlantique, au cours des mois d'automne et d'hiver, progressant à une vitesse moyenne de l'ordre de 50 km/h, et pouvant concerner une largeur atteignant 2 000 km.

L'aire d'étude est concernée par le risque de tempête.

La **foudre** est un phénomène électrique de très courte durée, véhiculant des courants de forte intensité, se propageant avec des fronts de montée extrêmement raides entre deux masses nuageuses ou entre une masse nuageuse et le sol. Par ses effets directs et indirects, elle peut être à l'origine d'incendies, d'explosions et de dysfonctionnements sur des équipements électriques.

L'activité orageuse est définie par le niveau kéraunique (Nk), c'est-à-dire le nombre de jours par an où l'on a entendu gronder le tonnerre. Ce niveau kéraunique n'est pas à confondre avec la densité de foudroiement (nombre de coups de foudre au km² par an, noté N_g).

Comme l'indique la carte du risque kéraunique en France ci-après, l'aire d'étude se trouve dans une zone peu soumise au risque foudre, où l'on compte moins de 25 jours d'orage par an.

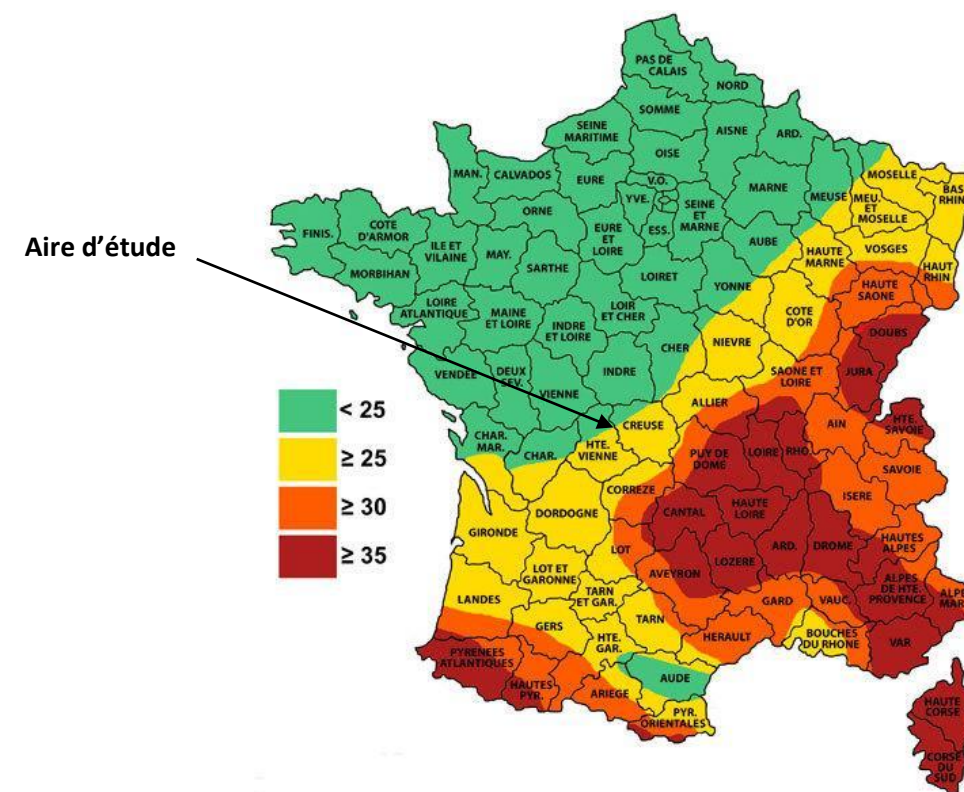


Figure 10 : Niveau kéraunique en France (nombre de jours d'orage par an)

Pour information, la densité de foudroiement susvisée, qui définit le nombre d'impact foudre par an et par km² dans une région, est de 2,3 dans le département de la Haute-Vienne. Le projet éolien est donc dans une zone moyennement exposée au risque de foudre, comme en témoigne la carte ci-dessous.

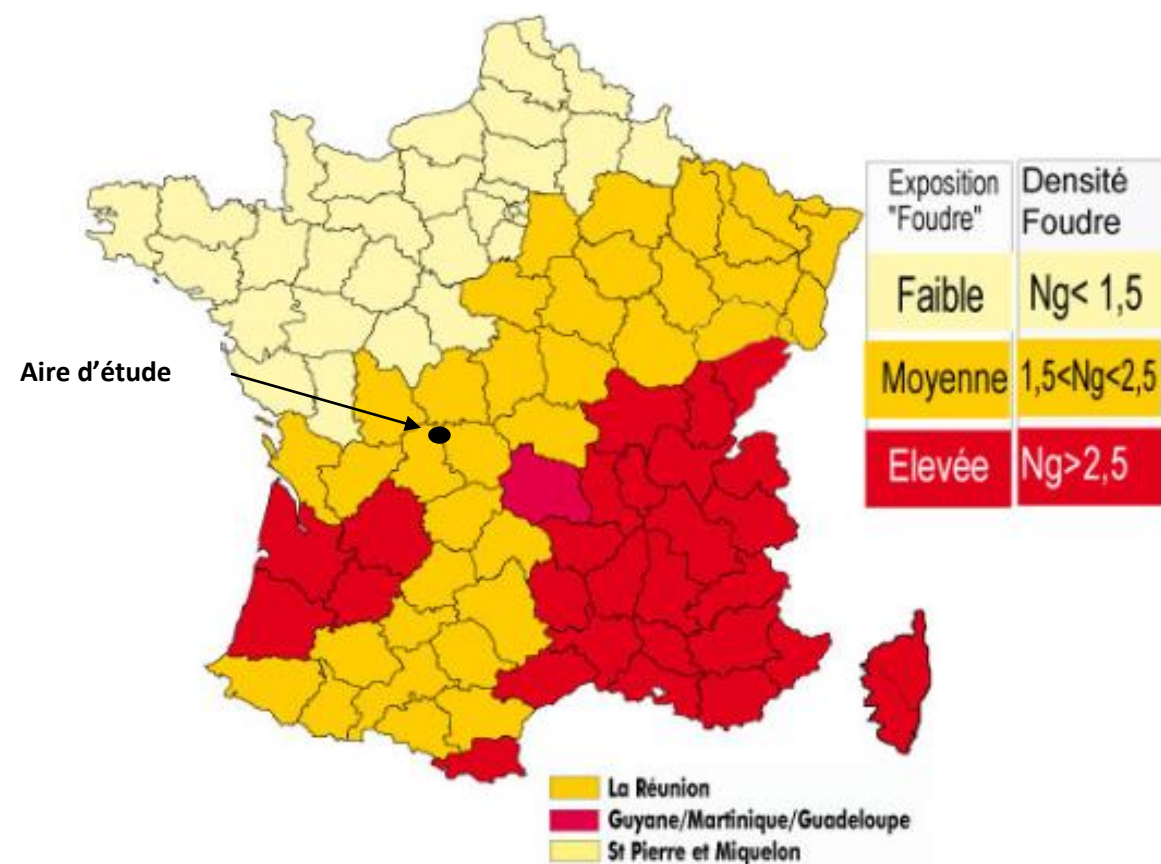


Figure 11 : Carte de la densité de foudroiement par région
(Source : Citel.fr)

L'aire d'étude est peu exposée au risque foudre.

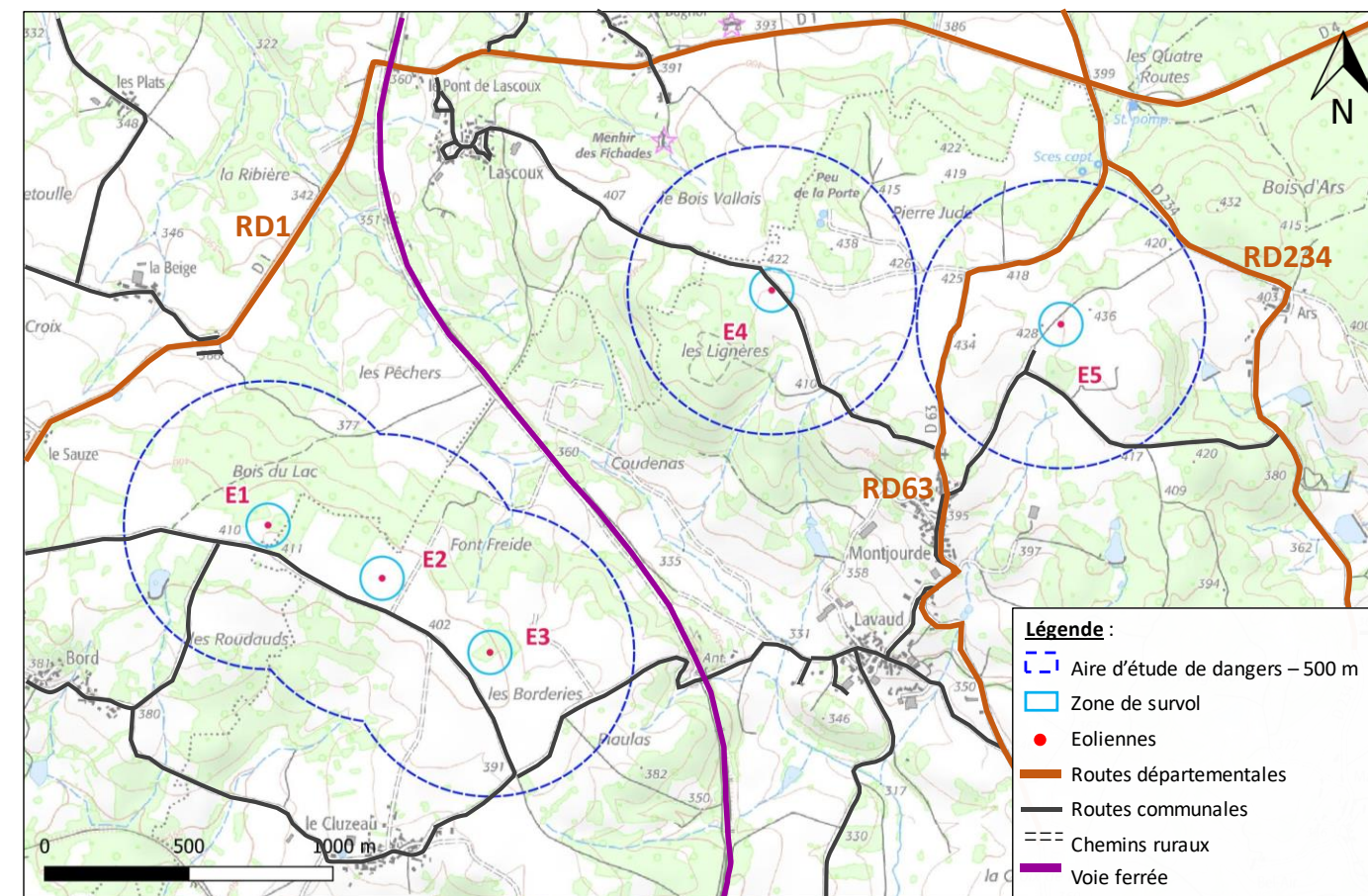


Figure 12 : Localisation des routes et chemins au niveau de l'aire d'étude
(Source: Geoportail, IGN BD Ortho)

Le tableau ci-après indique les distances entre les départementales et l'éolienne la plus proche, ainsi que le trafic moyen journalier annuel (TMJA) lorsqu'il est connu. Les données proviennent des sites internet de la Direction des routes et de l'aménagement de la Haute-Vienne (2017).

Tableau 8 : Distance entre les routes à proximité de l'aire d'étude et des éoliennes

| Route | Éolienne concernée | Distance | TMJA | Concernée par l'aire d'étude |
|-------|--------------------|----------|-------|------------------------------|
| RD63 | E5 | 352 m | 229 | X |
| RD1 | E1 | 659 m | 2 181 | - |
| RD234 | E5 | 514 m | 190 | - |

L'aire d'étude est seulement traversée par la RD63, qui accueillait en 2017, 229 véhicules par jour (dont 8 poids-lourds).

La RD1, située à proximité de l'aire au nord-ouest, était empruntée, en 2017, par 2 181 véhicules, dont 145 poids lourds chaque jour sur sa route. Enfin, le TMJA en 2017 de la RD234 était de 190 véhicules, dont 15 poids lourds.

Les 2 communes de l'aire d'étude font partie du réseau de bus de la Régie Régionale des Transports en Haute-Vienne (RRTHV). Une ligne « express » existe et relie Limoges à Bessines-sur-Gartempe en moins de 40 minutes. De plus, des lignes de rabattement sont mises en place en complément. Elles sont effectuées à l'aide de minibus permettant aux habitants des communes concernées de rejoindre Limoges grâce à des correspondances avec la ligne « express ».

Sur les communes de Folles et de Fromental, ces services fonctionnent quotidiennement ou 2 fois par mois, mais uniquement sur réservation (arrêt au niveau des arrêts de transports de la RRTHV).

III. 3. Environnement matériel

III. 3. 1. Voies de communication

III. 3. 1. 1. Transport routier

Comme le montre la figure ci-après, l'aire d'étude est traversée par **une seule route départementale, la RD63** reliant Montjourde à Folles, du nord-est au sud-est et par plusieurs voies communales et chemins.

L'aire d'étude n'intègre, dans son périmètre de 500 m, aucune route structurante (TMJA > 2 000).

III. 3. 1. 2. Transport ferroviaire

Il existe une gare sur la commune de Fromental : de la ligne des Aubrais - Orléans à Montauban-Ville-Bourbon, c'est une halte desservie par les trains des réseaux TER Centre-Val de Loire et TER Nouvelle-Aquitaine.

La gare TGV la plus proche est à Limoges, à environ 42 km au sud à vol d'oiseau.

Une ligne de chemin de fer se situe à proximité de l'aire d'étude, à environ 647 m de E3. Il s'agit de la voie ferrée reliant Orléans à Montauban et qui dessert uniquement à travers des TER.

III. 3. 1. 3. Transport aérien

L'aéroport de Limoges-Bellegarde est la principale infrastructure de transport aérien de la Haute-Vienne. Il se trouve sur la commune de Limoges, à 47 km de l'aire d'étude.

Par courrier en date du 4 janvier 2017, la **DGAC** (Direction Générale de l'Aviation Civile) a informé le maître d'ouvrage que le projet n'est affecté d'aucune servitude d'utilité publique relevant de la réglementation aéronautique civile.

Selon la **DSAE** (Direction de la Sécurité Aéronautique d'État), dans un courrier du 4 janvier 2017, le projet éolien de Folles n'est soumis à aucune servitude ou contrainte aéronautique rédhibitoire liée à la proximité immédiate d'un aérodrome civil ou à la circulation aérienne.

La **SDRCAM Sud** (Sous-Direction Régionale de la Circulation Aérienne Militaire), consultée en janvier 2017, indique que le projet éolien se trouve en dehors de toute zone grevée de servitudes aéronautiques, radioélectriques ou domaniales gérée par le Ministère de la Défense.

Suite à une réponse du **CNFAS** (Conseil National des Fédérations Aéronautiques et Sportives) datant du 9 août 2018, la fédération concernée considère qu'avec la piste de la plateforme ULM orientée Est / Ouest au lieu-dit « Le Pommier » à environ 5 km au nord de l'aire d'étude de dangers, l'implantation éolienne ne devrait pas gêner le fonctionnement de cette plateforme en termes de sécurité.

En l'état actuel du dossier présenté et sans préjuger de l'évolution de leurs activités futures, les fédérations du CNFAS n'ont pas connaissance, à ce jour, d'autres activités aéronautiques pouvant être impactées par ce projet.

En outre, le CNFAS avise le maître d'ouvrage que la réponse donnée ne vaut que si des projets similaires n'ont pas été engagés par d'autres sociétés dans ce secteur ou à proximité de cette zone car l'accumulation d'implantations d'éoliennes dans cette région pourrait alors constituer un danger non négligeable pour la circulation aérienne.

Enfin, la **Fédération Française de Vol Libre** (FFVL) nous informe par courrier en date du 28 août 2018 et en l'état actuel du projet de parc éolien de Folles, qu'elle n'a aucune d'objection à émettre.

Conformément à l'article 4 de l'arrêté du 26 août 2011, les éoliennes du projet de parc éolien de Folles sont situées en dehors des zones de protection et de coordination des radars météorologiques, des radars et systèmes d'aide à la navigation de l'aviation civile et de l'armée de l'Air. Comme l'exige l'article R.181-32 du Code de l'environnement, ces services seront saisis par le Préfet pour avis conforme lors de l'instruction du DDAE.

L'aire d'étude n'est pas concernée par une servitude aéronautique et n'intègre aucune infrastructure aéronautique.

III. 3. 1. 4. Transport fluvial

Il n'existe aucune voie navigable dans l'aire d'étude.

III. 3. 2. Réseaux publics et privés

Canalisations de transport

Selon la base de données du gestionnaire du réseau de transport de gaz naturel haute pression, **GRTgaz**, sur www.grtgaz.com, aucune canalisation de transport de gaz naturel haute pression ne traverse les communes de l'aire d'étude.

Par ailleurs, la consultation effectuée auprès du service eaux du SIAEP Couze Gartempe indique la présence d'une canalisation d'eau qui traverse l'aire d'étude suivant un axe nord-sud et plus précisément au niveau de l'éolienne E4. Gérée par le **service des eaux de Bessines-sur-Gartempe**, il n'y a pas de préconisation particulière pour cette canalisation.

La consultation de la **SAUR** (Société d'Aménagement Urbain et Rural), nous renseigne également sur la présence de canalisation d'eau potable traversant l'aire d'étude de dangers au Nord selon un axe nord-sud ainsi qu'une partie de l'aire d'étude à l'ouest au niveau de l'éolienne E4. Toutefois, aucune contrainte n'a été signalée.

Transport d'électricité

La base de données du gestionnaire du réseau de transport d'électricité, **RTE**, a également été consultée sur le site <https://rte-france.maps.arcgis.com>. Elle indique la présence de la ligne 90 kV La Souterraine—La-Ville-sous-Grange à l'est de l'aire d'étude, à environ 1 km. Une distance de sécurité supérieure à la hauteur des éoliennes (pales comprises) doit être respectée entre ces dernières et le conducteur le plus proche de la ligne.

ENEDIS a aussi été consulté. Il indique la présence d'une ligne électrique et éclairage de BT Torsadé (réseaux aériens basse tension) qui se trouve, pour une petite partie, au sein de l'aire d'étude. Une ligne HT aérienne est également à proximité de l'aire d'étude de dangers au nord et au sud. Afin d'éviter tout dommage à cette ligne électrique, il est souhaitable d'implanter les éoliennes à une distance latérale minimum d'une fois sa hauteur maximum pale comprise, majorée des 5 m de sécurité stipulés par le Droit du Travail (4ème partie, Livre V, Titre III, Chapitre IV, Section 12, à partir de l'article R4534-107), en prenant en référence la projection au sol du câble le plus proche. Ainsi une distance « tampon » de 205 m doit être prise en compte autour de cette ligne.

L'opérateur **Orange**, fait savoir au maître d'ouvrage qu'il y a une artère enterrée qui se situe dans une petite partie l'aire d'étude au nord, mais aucune contrainte n'est indiquée.

Liaisons ou faisceaux hertziens protégés par des servitudes réglementaires

La **SNCF** a été consultée par rapport à la présence d'une antenne GSM-R à proximité de l'aire d'étude. Elle informe que « compte tenu des azimuts du site GSM-R (190° et 325°), le positionnement des éoliennes ne devrait pas avoir d'impact sur la propagation radio du GSM-R sous réserve que les pales des éoliennes soient en matériaux non-conducteurs car celles-ci pourraient générer des réflexions ».

La consultation du **SGAMI** (Secrétariat Général pour l'Administration du Ministère de l'Intérieur) indique que le projet éolien de Folles est éloigné de toute infrastructure pour les réseaux radioélectriques gérés par le Ministère de l'Intérieur. Aucune servitude ne contraint le projet.

Par ailleurs, on note la présence de faisceaux hertziens de la marine à proximité du site faisant l'objet d'une servitude réglementaire de type PT2LH :

- Faisceau hertzien de Sauvignac comprenant une zone spéciale de dégagement d'une largeur de 500 m. La zone spéciale de dégagement de cette liaison est fractionnée en plusieurs paliers en fonction de l'altitude minimale et maximale.
- Faisceau hertzien Saint-Léger-la-Montagne à Sacières-Saint Martin comprenant une zone spéciale de dégagement d'une largeur de 250 m.

Enfin l'opérateur **Bouygues Télécom** a indiqué que le projet risque d'impacter l'un de leurs faisceaux hertziens (celui traversant une partie de l'aire d'étude au nord). Pour éviter cela, une zone tampon de 53 m est établie de part et d'autre de ce faisceau (calcul de cette zone d'obstacle avec la méthode de la seconde ellipse de Fresnel majoré de 5 m).

Réseau routier

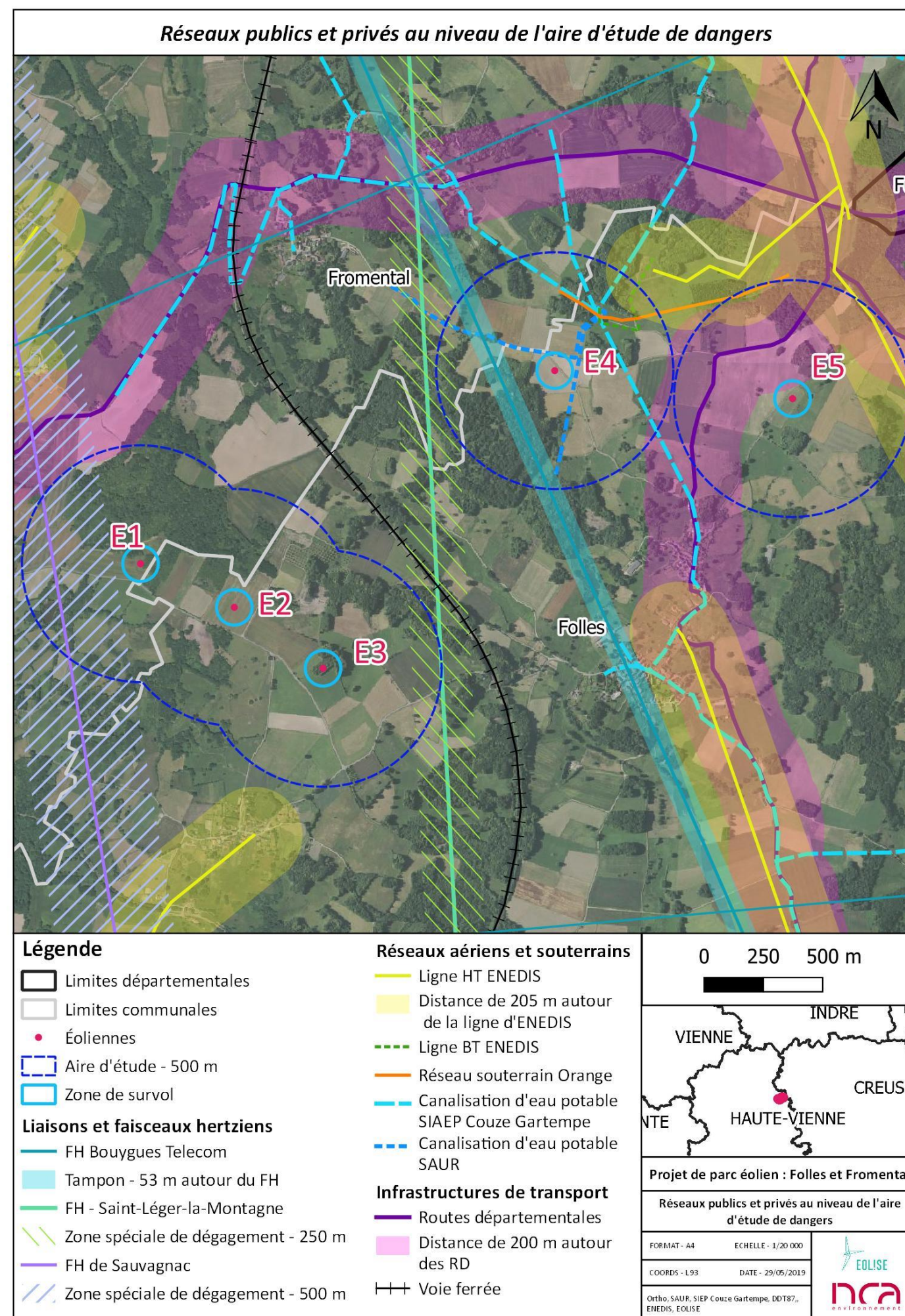
La direction des Déplacements – SESIR du département de la Haute-Vienne informe, par le biais d'une délibération de la commission permanente datant du 7 novembre 2017, des contraintes routières liées à un projet éolien. Cette délibération précise une marge de recul égale à **1 fois la hauteur totale** de l'ouvrage (pale + mât) pour le réseau routier départemental hors route classée « Grands Axes Economiques » (GAE).

Selon la cartographie associée à cette délibération catégorisant le réseau routier de la Haute-Vienne, aucun axe GAE n'est présent à proximité de l'aire d'étude de dangers. La marge à prendre en compte est donc de **200 m** par rapport au réseau routier départemental.

Réseaux d'assainissement

Aucune installation de réseaux d'assainissement (station d'épuration) n'a été recensée dans l'aire d'étude.

A noter que des déclarations de travaux (DT) ont été effectuées, durant le mois de juillet 2019, au niveau des implantations des éoliennes et du poste source. En réponse à ces DT, aucun autre réseau n'a été recensé sur les emprises concernées.



Captages d'alimentation et réseaux en eau potable

D'après la base de données de l'Agence Régionale de Santé (ARS) Nouvelle Aquitaine, l'aire d'étude de dangers est limitrophe avec 2 captages (PEU DE LA PORTE n°1 et n°2) et intègre 3 périmètres de protection rapprochée, 2 périmètres de protection immédiate et 1 périmètre de protection éloignée :

- La commune de Fromental compte **1 captage AEP « LE GRAND BAGNOL » sur son territoire**. Ce captage et son PPI ne se trouvent pas dans l'aire d'étude, en revanche une petite partie de son PPR se situe au sein de l'aire au nord.
- La commune de Folles compte **2 captages AEP « PEU DE LA PORTE n°1 » et « PEU DE LA PORTE n°2 »** sur son territoire. Une partie de leur PPI et de leur PPR se trouvent au sein de l'aire d'étude.
- On note également la présence d'un périmètre de protection éloignée PPE qui traverse une partie du sud-est/est de l'aire d'étude. Il s'agit du PPE du **captage AEP « MOULIN DE COULEROLLES »** situé sur la commune de Bessines-sur-Gartempe. Il s'étend sur une surface de 121 km². Il fait l'objet d'un arrêté préfectoral DCE/BURAM du 21 décembre 2012. Bien qu'une partie de ce PPE se trouve dans l'aire d'étude, cela n'implique aucune contrainte par rapport au projet éolien sur Folles.

Ces 3 captages ont fait l'objet d'arrêtés de Déclaration d'Utilité Publique en date du 11 décembre 2006. **L'article 6** de ces arrêtés interdit entre autres, au sein du PPR, les installations classées ainsi que toute construction, ouvrage ou dépôt superficiel ou souterrain, ou encore l'ouverture de tranchées pour la pose de canalisations ou câbles autres que ceux nécessaires à l'exploitation des captages.

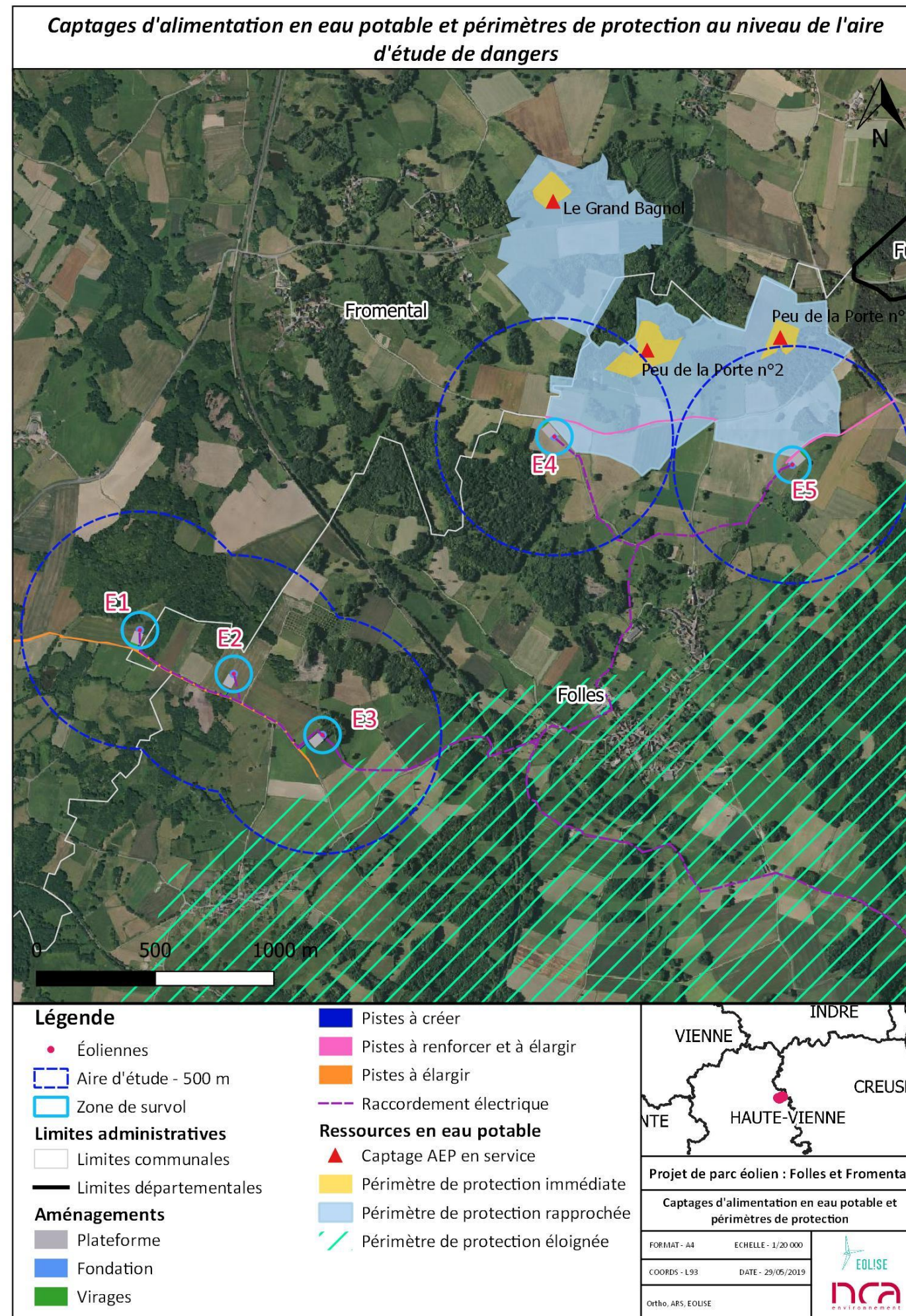
Les arrêtés de ces captages sont disponibles en annexe de l'étude d'impact sur l'environnement (volume 3b).

Comme le montre la carte ci-contre, aucun aménagement (éolienne, fondation ou plateforme) ne se trouve dans les périmètres de protection de ces captages (PPI, PPR et PPE). Seules les éoliennes E4 et E5 surplombent les PPR ce qui n'a aucune influence.

Par ailleurs, aucune création de chemin n'est prévue dans les PPR mais seulement une remise en état et renforcement.

III. 3. 3. Autres ouvrages publics

Aucun barrage, digue, château d'eau ou bassin de rétention n'est recensé dans l'aire d'étude.



III. 4. Cartographie de synthèse

III. 4. 1. Nombre de personnes exposées

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) permet d'identifier les enjeux à protéger dans une aire d'étude.

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur 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 propose une méthodologie pour compter, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés. Elle est présentée en Annexe 3.

Le nombre de personnes et les surfaces (ou longueurs) associées à chaque secteur sont repris dans le tableau suivant pour chacune des éoliennes et son périmètre de 500 m.

Tableau 9 : Nombre de personnes exposées pour chaque éolienne

| Eolienne | Terrain non aménagé et très peu fréquenté | | Terrains aménagés mais peu fréquentés | | Chemins de randonnées | | Total |
|----------|---|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------|
| | Surface (ha) | Nombre de personnes exposées | Surface (ha) | Nombre de personnes exposées | Longueur (km) | Nombre de personnes exposées | |
| E1 | 76,49 | 0,76 | 2,01 | 0,20 | - | - | 0,96 |
| E2 | 76,26 | 0,76 | 2,24 | 0,22 | - | - | 0,98 |
| E3 | 76,22 | 0,76 | 2,28 | 0,23 | 0,19 | 0,04 | 1,03 |
| E4 | 77,15 | 0,77 | 1,40 | 0,14 | 2,52 | 0,50 | 1,41 |
| E5 | 76,70 | 0,77 | 1,80 | 0,18 | 0,80 | 0,16 | 1,11 |

Le détail du nombre de personnes exposées est fourni ci-après :

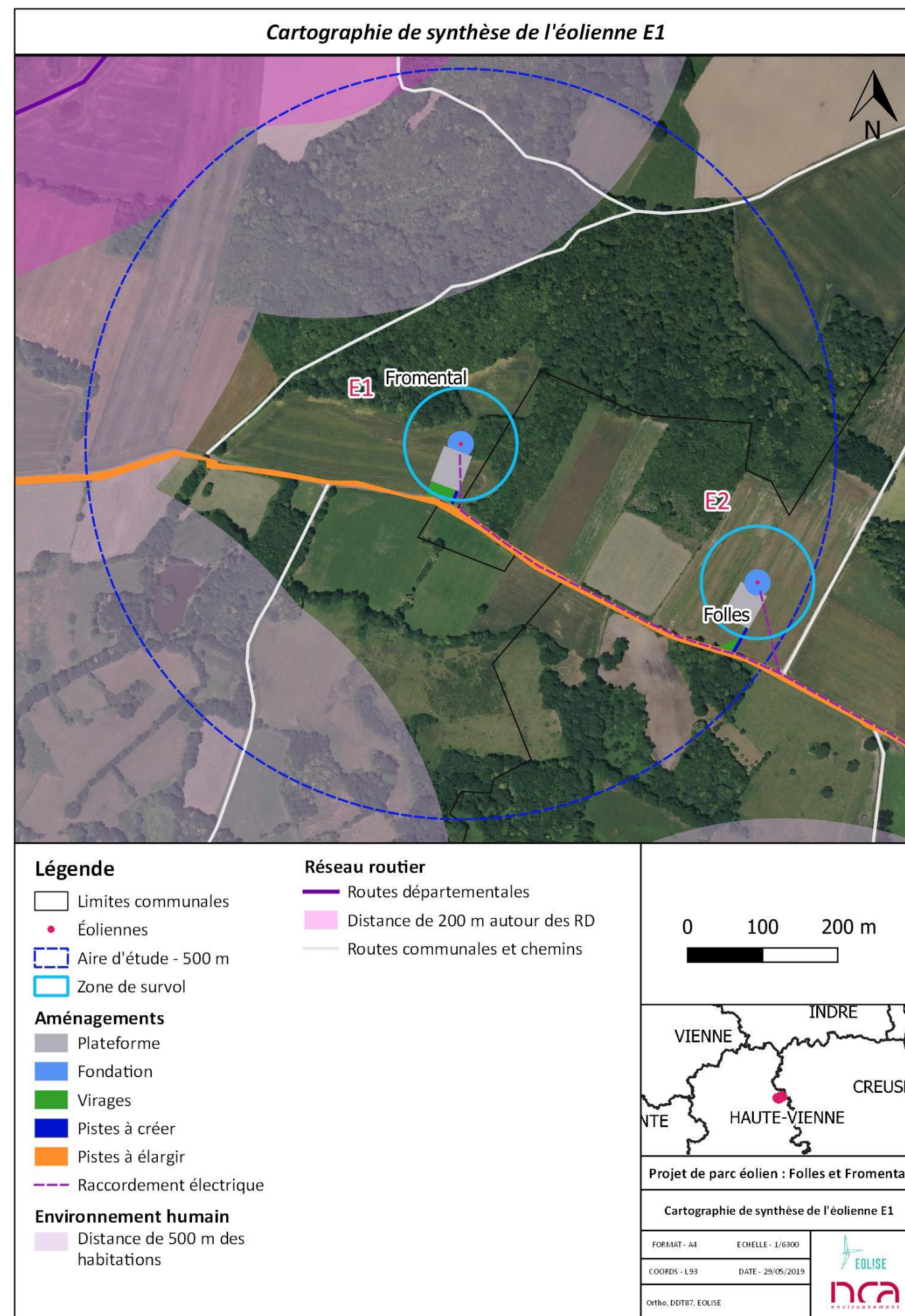
- **Les champs et parcelles agricoles** ont été considérés comme des terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 pers/100 ha).
- **Les routes non structurantes, les chemins agricoles et les aménagements permanents** (plateformes, fondations et voie d'accès créée) des éoliennes ont été considérés comme des terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers/10 ha).
- **Les 3 circuits de randonnées** présents (circuits « Pierres Magnat », « Fontaine et Lavois », et « Monts et Vallées ») ont également été considérés en se basant sur une hypothèse de 0,2 pers/1 km par tranche de 10 promeneurs/jour en moyenne ce qui est surestimé par rapport à la très faible fréquentation de ces chemins.

À noter qu'il n'y a aucun terrain aménagé potentiellement fréquenté ou très fréquenté (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport...), voie navigable, logement, établissement recevant du public ou zone d'activité exposé dans le secteur de l'aire d'étude.

III. 4. 2. Cartographie

La cartographie suivante permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans l'aire d'étude, à savoir les enjeux humains (nombre de personnes exposées) et les enjeux matériels.

Seuls les réseaux susceptibles d'être empruntés par des personnes sont présentés dans les cartes suivantes.



Cartographie de synthèse de l'éolienne E2



Légende

- Limites communales
- Éoliennes
- Aire d'étude - 500 m
- Zone de survol
- Aménagements**
- Plateforme
- Fondation
- Virages
- Pistes à créer
- Pistes à élargir
- Raccordement électrique

Environnement humain

- Distance de 500 m des habitations

Réseau routier

- Routes communales et chemins

0 100 200 m



Projet de parc éolien : Folles et Fromental

Cartographie de synthèse de l'éolienne E2

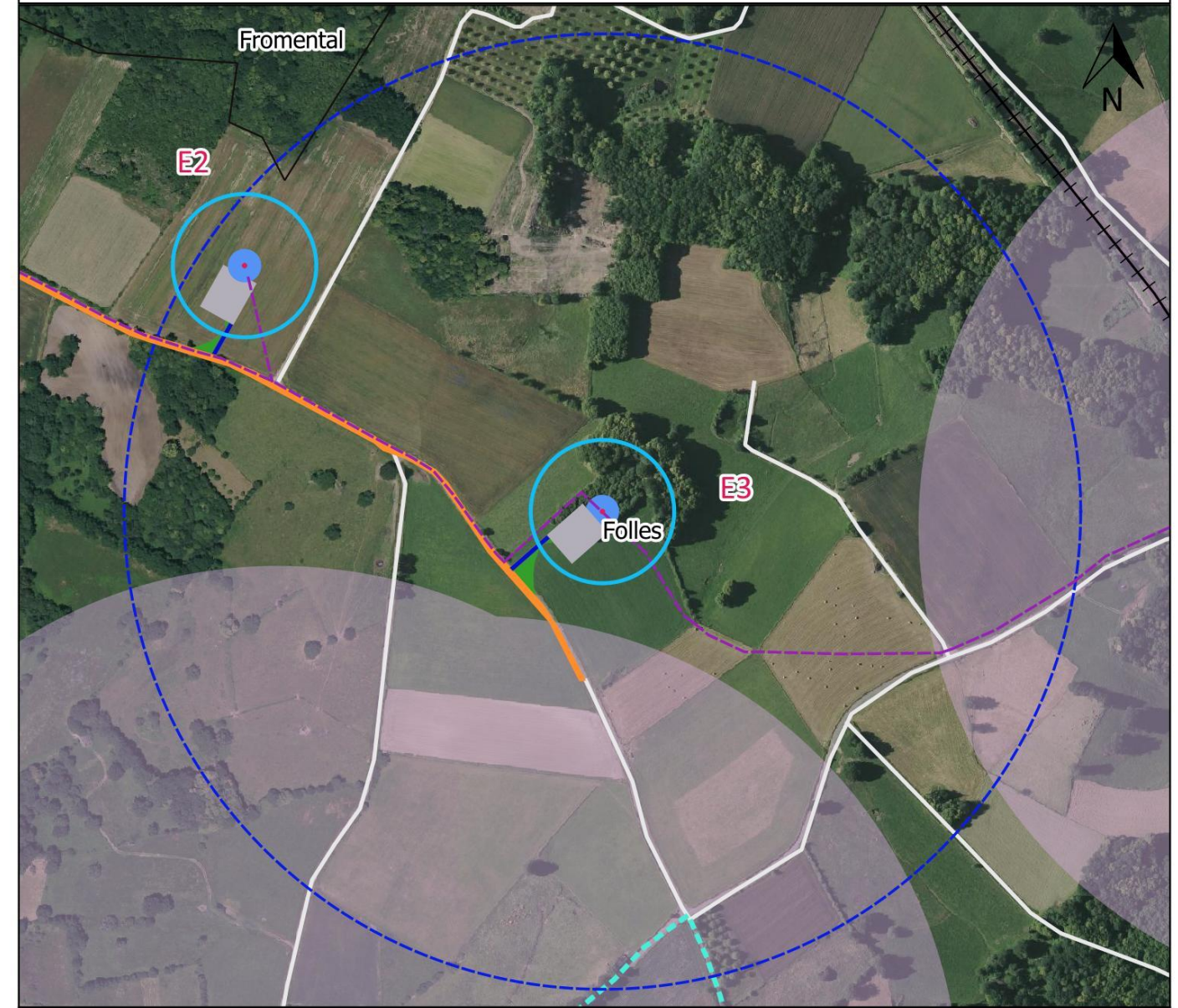
FORMAT - A4 ECHELLE - 1/6300

COORDS - L93 DATE - 29/05/2019

Ortho, EOLISE



Cartographie de synthèse de l'éolienne E3



Légende

- Limites communales
- Éoliennes
- Aire d'étude - 500 m
- Zone de survol
- Aménagements**
- Plateforme
- Fondation
- Virages
- Pistes à créer
- Pistes à élargir
- Raccordement électrique

Environnement humain

- Distance de 500 m des habitations

Infrastructures de transport

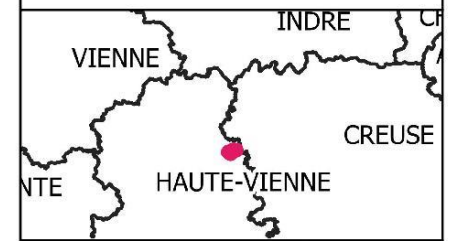
- Routes communales et chemins

⋈⋈⋈ Voie ferrée

Circuits de randonnées

- Circuit des "Monts et Vallées"

0 100 200 m



Projet de parc éolien : Folles et Fromental

Cartographie de synthèse de l'éolienne E3

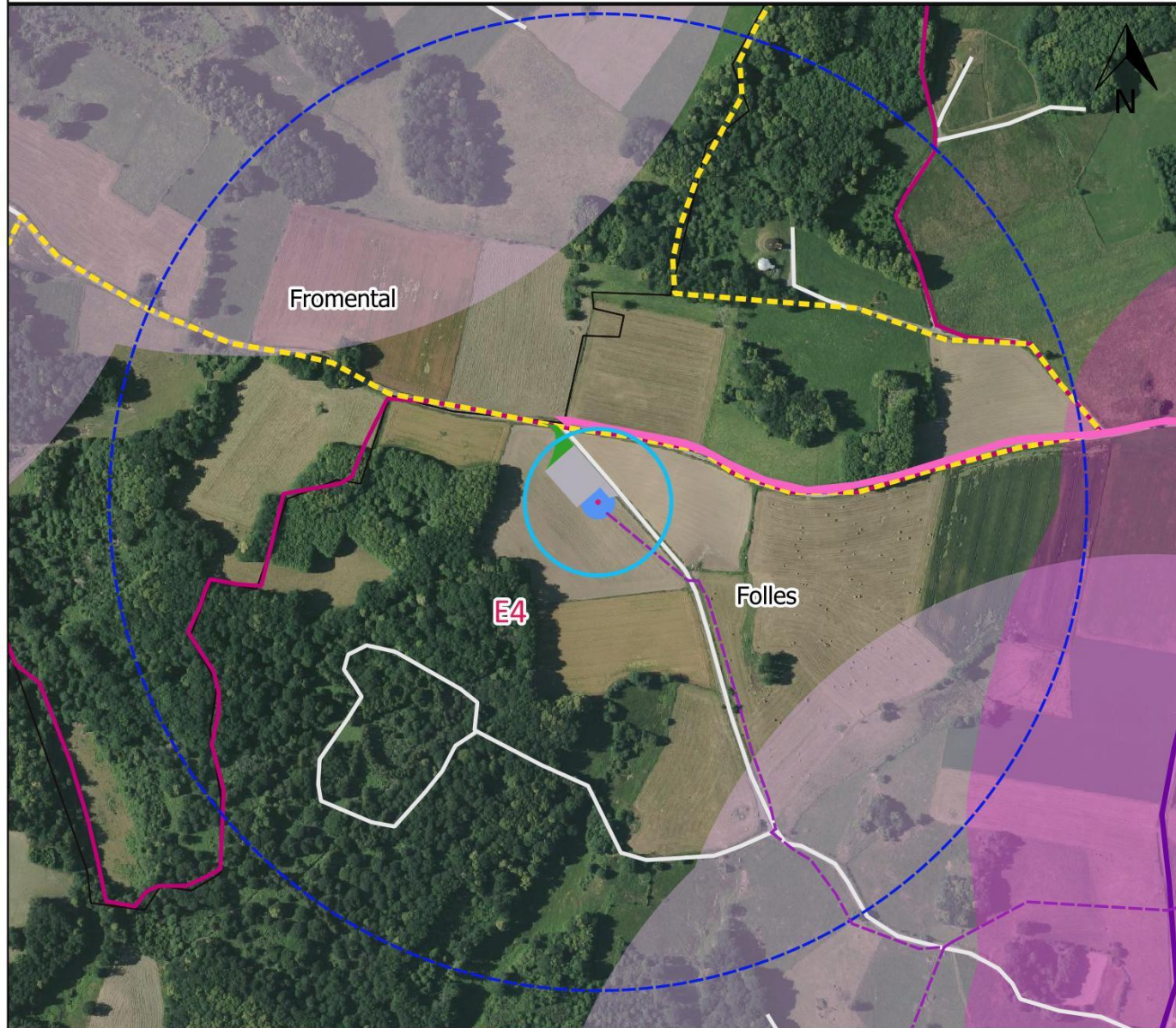
FORMAT - A4 ECHELLE - 1/6300

COORDS - L93 DATE - 29/05/2019

Ortho, L'association "Les Fauchoux", EOLISE



Cartographie de synthèse de l'éolienne E4



Légende

- Limites communales
- Éoliennes
- Aire d'étude - 500 m
- Zone de survol

Aménagements

- Plateforme
- Fondation
- Virages
- Pistes à renforcer et à élargir
- Raccordement électrique

Environnement humain

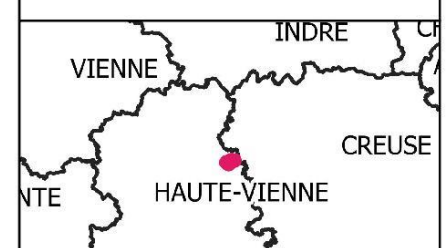
- Distance de 500 m des habitations

Infrastructures de transport

- Routes communales et chemins
- Routes départementales
- Distance de 200 m autour des RD

Circuits de randonnées

- Circuit des "Pierres Magnat"
- Circuit des "Fontaines et Lavoirs"



Projet de parc éolien : Folles et Fromental

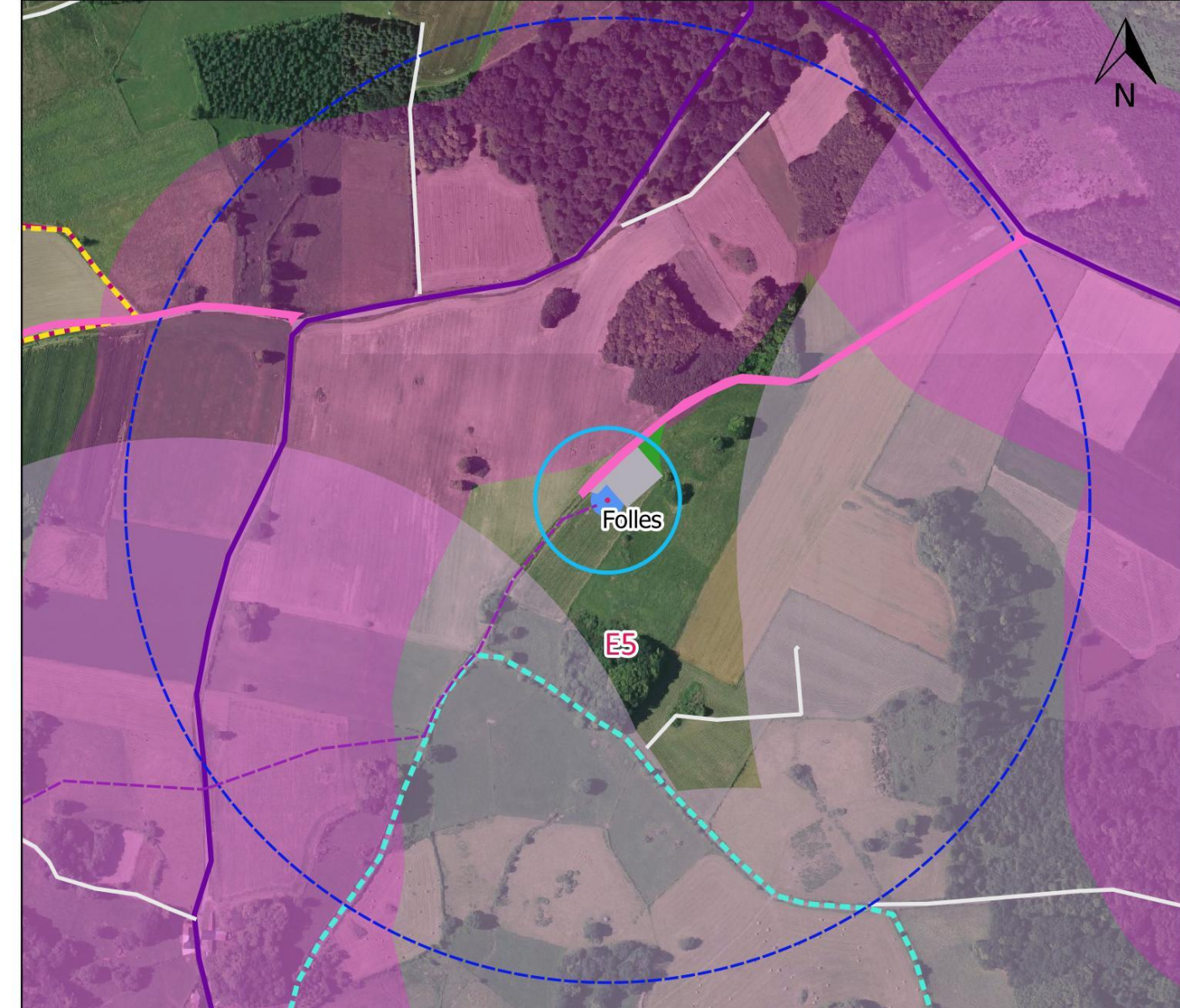
Cartographie de synthèse de l'éolienne E4

FORMAT - A4 ECHELLE - 1/6300

COORDS - L93 DATE - 29/05/2019

Ortho, ARS, L'association "Les Fauchois", EOLISE

Cartographie de synthèse de l'éolienne E5



Légende

- Éoliennes
- Aire d'étude - 500 m
- Zone de survol

Aménagements

- Plateforme
- Fondation
- Virages
- Pistes à renforcer et à élargir
- Raccordement électrique

Infrastructures de transport

- Routes communales et chemins
- Routes départementales
- Distance de 200 m autour des RD

Circuits de randonnées

- Circuit des "Monts et Vallées"
- Circuit des "Pierres Magnat"
- Circuit des "Fontaines et Lavoirs"



Projet de parc éolien : Folles et Fromental

Cartographie de synthèse de l'éolienne E5

FORMAT - A4 ECHELLE - 1/6300

COORDS - L93 DATE - 29/05/2019

Ortho, L'association "Les Fauchois", EOLISE

IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION ET DE SON FONCTIONNEMENT

Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement, afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elle représente (*paragraphe V* en page 46), 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 au *paragraphe IV. 3. 1*) :

- **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 poste source électrique ;
- Un **poste source électrique**, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité (point d'injection de l'électricité sur le réseau public) ;
- 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.



Figure 13 : Schéma descriptif d'un parc éolien
 (Source : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens, MEEDDM 2010)

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.

Toutes les éoliennes qui composent le parc seront de même type, de matériau et de couleur sobres (exemple RAL 7035).

A ce stade de développement, EOLISE a défini un gabarit issu des **dimensions « maximisantes »** de modèles existants sur le marché.

Tableau 10 : Exemples de modèles existants

(Source : EOLISE)

| Constructeurs | Exemple de modèle | Puissance en MW | Diamètres du rotor | Hauteur du mât | Hauteur totale |
|---------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------|
| Vestas | V150-4.2 | 4,2 | 150 | 125 | 200 |
| Nordex | N149/4.5 | 4,5 | 149 | 125 | 199,5 |
| Enercon | E147 EP5 | 5,0 | 147 | 126 | 199,5 |
| Gamesa | SG 4.5-145 | 4,5 | 145 | 127 | 199,5 |

Dans la suite de l'étude de dangers, et notamment dans la partie *Chapitre 1 : VIII*, les calculs sont donc effectués à partir des dimensions suivantes :

- **La hauteur maximale en bout de pale** est de 200 m ;
- **La hauteur de mât**, au sens de la réglementation est de 125 m au maximum ;
- **Le diamètre de rotor** de 150 m ;
- **La puissance nominale maximale** de 5 MW.

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor** dimensionné suivant le standard IEC classe S. Il est composé de 3 pales, d'un moyeu et de couronnes d'orientation et d'entraînements pour le calage des pales. Les pales du rotor sont fabriquées en fibres de verre parfois complétées de fibres de carbone. Chaque système pitch (pale) est indépendant.
- **Le mât (ou tour tubulaire)** est généralement composé de 4 à 6 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique. Il est en acier couvert d'un revêtement époxy (protection anti-corrosion) et de peinture acrylique. Le mât comporte des plates-formes intermédiaires et est équipé d'une échelle, pourvue d'un système antichute (rail), de plates-formes de repos et d'un élévateur de personnel. Dans la plupart des éoliennes, le mât abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
- **La nacelle** composée d'un châssis en fonte et d'une coque fabriquée en matière plastique renforcée de fibres de verre, dimensionnés suivant le standard IEC classe S. Elle dispose d'un train d'entraînement, d'une génératrice, d'un système d'orientation, du convertisseur ainsi que du transformateur dans certains cas. Elle abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - Le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - Le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
 - Le système de freinage mécanique ;
 - Le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
 - Les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
 - Le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

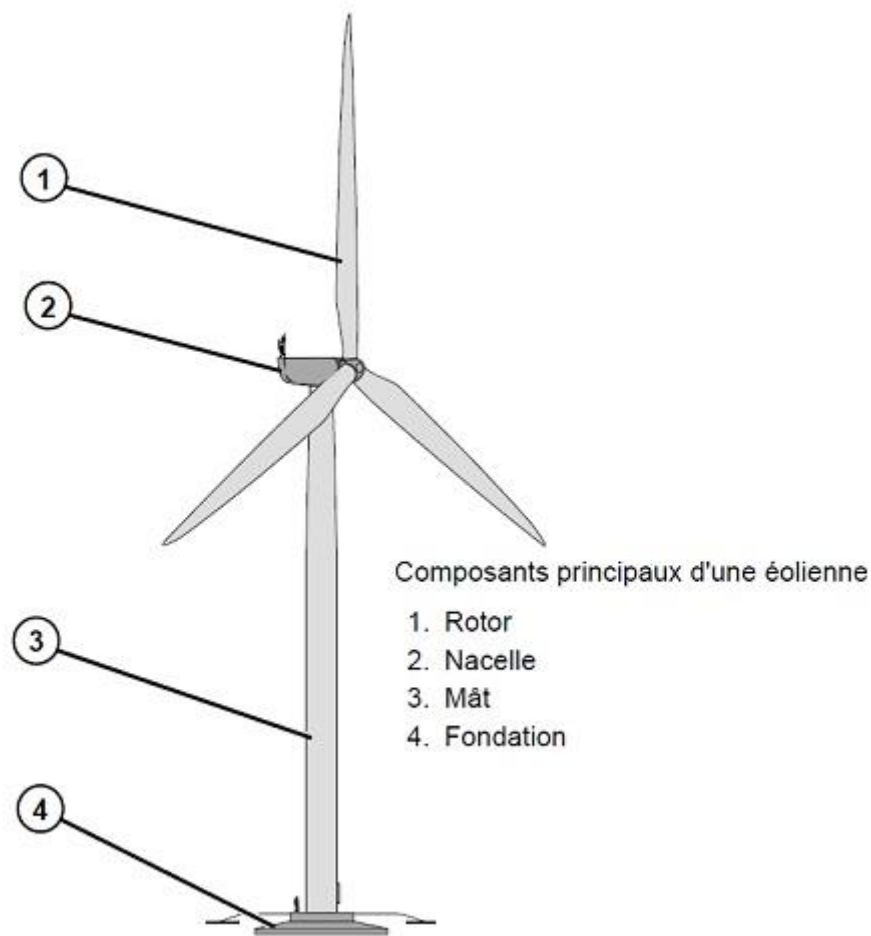


Figure 14 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

(Source : guide technique « Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens », mai 2012)

Le rotor

Le rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en mouvement de rotation de l'éolienne.

- **Le moyeu** du rotor est une construction en fonte modulaire et rigide. Le roulement d'orientation de pale et la pale sont montés dessus.
- **Les pales**, d'une longueur maximum de 75 m, sont constituées de 2 moitiés collées ensemble. Le matériau utilisé pour les pales est un composé de fibres de verre parfois complété de fibre de carbone. Le profil aérodynamique des pales résiste bien aux salissures et à la glace, ce qui permet une réduction des pertes de puissance. Chaque pale est pourvue d'une pointe en aluminium qui dévie le courant de foudre par un câble en acier vers le moyeu du rotor. Les pales sont fixées au roulement d'orientation du système Pitch.
- **Système à pas variable** : chaque pale est commandée et entraînée séparément par un entraînement électromagnétique avec moteur triphasé, un engrenage planétaire, et une unité de commande avec convertisseur de fréquence et alimentation électrique de secours. Le système à pas variable est le frein principal de l'éolienne. Les pales se tournent ainsi de 90° pour le freinage, ce qui interrompt la portance et crée une grande résistance de l'air provoquant ainsi le freinage du rotor (frein aérodynamique).

La nacelle

Une vue d'ensemble de la nacelle est présentée en ci-dessous.

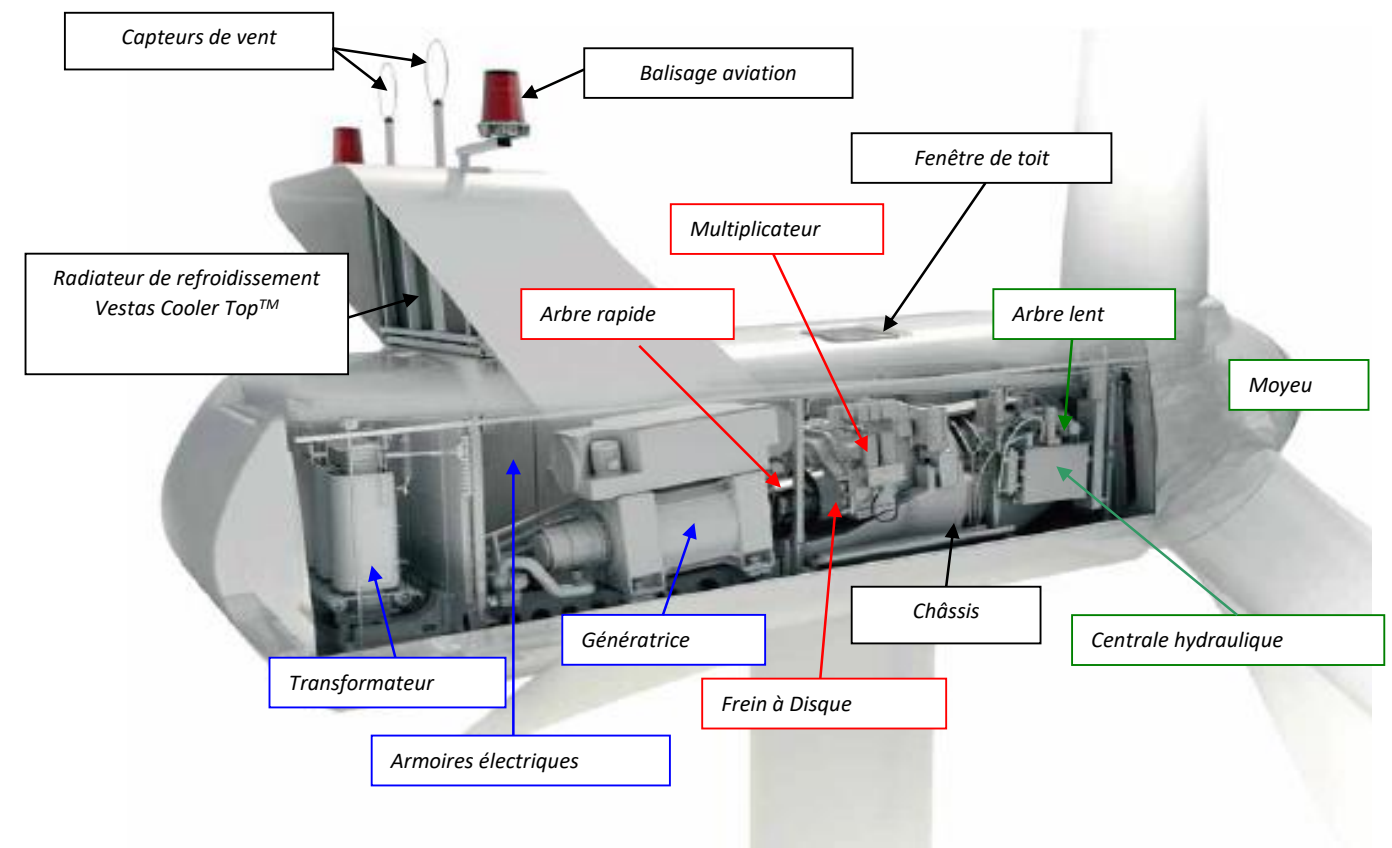


Figure 15 : Composants de la nacelle

(Source : VESTAS)

- **La couronne d'orientation** : la direction du vent est mesurée de manière continue à hauteur de moyeu par 2 appareils indépendants. L'un d'entre eux est un appareil ultrasonique. Tous les anémomètres sont chauffés. Si la direction du vent relevée diffère du positionnement de la nacelle d'une valeur supérieure à la valeur limite, la nacelle est réorientée via 3 à 4 entraînements constitués d'un moteur électrique, d'un engrenage planétaire à plusieurs niveaux et de pignons d'entraînement. Les freins d'orientation sont activés.
- **Le train d'entraînement** transmet le mouvement de rotation du rotor à la génératrice. Il est constitué des composants principaux suivants :
 - L'arbre du rotor : il transmet les forces radiales et axiales du rotor au châssis machine. Le roulement du rotor contient un dispositif de verrouillage mécanique du rotor.
 - Un multiplicateur (présence ou non selon la technologie utilisée) : il augmente la vitesse de rotation au niveau nécessaire pour la génératrice. L'huile du multiplicateur assure non seulement la lubrification mais aussi le refroidissement du multiplicateur. La température des roulements du multiplicateur et de l'huile est surveillée en permanence.
 - Une frette de serrage : elle relie l'arbre de rotor et le multiplicateur.
 - Un coupleur : il compense les décalages entre multiplicateur et génératrice. Une protection contre les surcharges (limitation prédéfinie de couple) est montée sur l'arbre de la génératrice. Elle empêche la transmission de pics de couple qui peuvent avoir lieu dans la génératrice en cas de panne de réseau. Le coupleur est isolé électriquement.
- **La génératrice** : la transformation de l'énergie éolienne en énergie électrique s'effectue grâce à une génératrice de 50 Hz. Elle est maintenue à une température de fonctionnement optimale grâce au circuit de

refroidissement. Son stator est directement relié au réseau du parc éolien, son rotor l'est via un convertisseur de fréquence à commande spéciale.

- **Le transformateur électrique** : installé à l'arrière sur le flanc droit de la nacelle, il permet d'élever la tension de 690 Volts à 20 000 ou 30 000 Volts en sortie de la génératrice dans le réseau inter-éolien. Il remplit les conditions de classe de protection incendie F1.
- **Convertisseur de fréquence** : il est situé à l'arrière de la nacelle. Grâce à un système générateur-convertisseur à régime variable, les pics de charge et pointes de surtension sont limités.
- **Circuit de refroidissement** : multiplicateur, génératrice, convertisseur sont refroidis via un échangeur air/eau couplé avec un échangeur eau/huile pour le multiplicateur. Tous les systèmes sont conçus de manière à garantir des températures de fonctionnement optimales même en cas de températures extérieures élevées. La température de chaque roulement de multiplicateur, de l'huile du multiplicateur, des bobinages et des roulements de la génératrice ainsi que du réfrigérant, est contrôlée en permanence et en partie de manière redondante par le système contrôle-commande.
- **Les freins** : l'éolienne est équipée d'un frein aérodynamique disposant de 2 niveaux de freinage. Ce frein est déclenché par rotation des pales. Il peut être couplé à un deuxième système de freinage mécanique disposant également de 2 niveaux de freinage.

Le pied du mât

Le mât est un mât tubulaire cylindrique en acier. L'échelle d'ascension avec son système de protection antichute et les plateformes de repos et de travail à l'intérieur du mât permettent un accès à la nacelle à l'abri de la météo.

Le mât est placé sur une **fondation de 25 à 35 m de diamètre**. La construction des fondations dépend de la nature du sol du site d'implantation prévu. Pour l'ancrage du mât, une cage d'ancrage est bétonnée dans les fondations. Le mât et la cage d'ancrage sont vissés ensemble.

IV. 1. 1. 2. Emprise au sol

Lors de la construction, de l'exploitation, puis du démantèlement du parc éolien, chaque éolienne nécessite la mise en œuvre de différentes emprises au sol, comme schématisé dans la figure ci-après :

- La **zone d'entreposage** est une zone non revêtue. Elle est destinée au stockage au sol des composants de l'éolienne durant la construction et le démantèlement. Elle est temporaire.
- La **fondation** est recouverte de terre végétale. Ses dimensions exactes dépendent des caractéristiques de l'éolienne choisie et des propriétés du sol.
- La **zone de survol** (ou de survol) correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation du rotor à 360° par rapport à l'axe du mât.
- La **plateforme** (ou aire de grutage) correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées à l'éolienne. Ses dimensions varient en fonction de l'éolienne choisie et de la configuration du site d'implantation.
- Les **virages** permettent aux camions de transport des composants des éoliennes de manœuvrer. Il est nécessaire que les virages respectent un certain rayon de courbure, calculé selon le type d'éolienne.

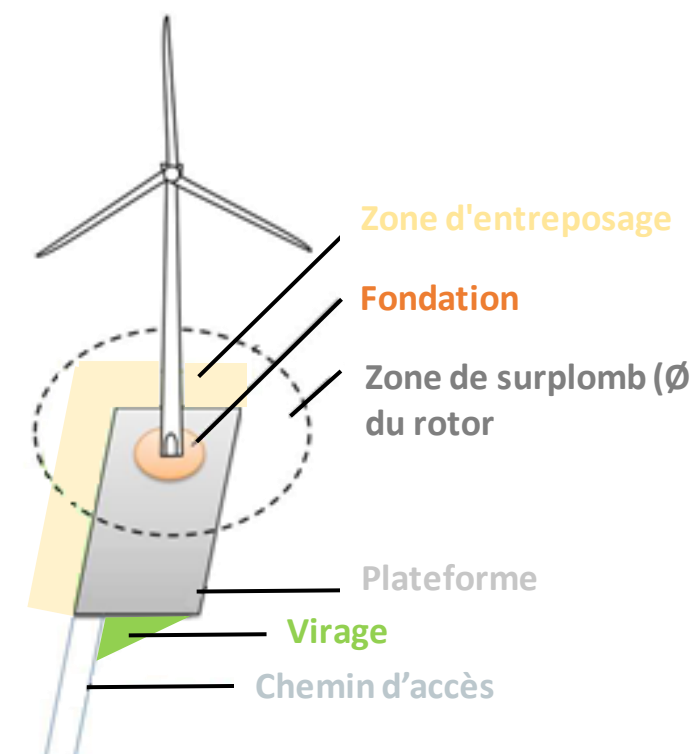


Figure 16 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne
(Source : Guide technique de l'étude de dangers, SER-FEE-INERIS, 2012, NCA)

Les emprises au sol de chaque éolienne du parc éolien de Folles sont les suivantes :

- Plateforme (aire de grutage) : 2 000 m² pour E1, E2, E3, 2 011 m² pour E4 et 2 070 m² pour E5 ;
- Fondation : 25 à 35 m de diamètre ;
- Zone de survol : 150 m au maximum.

IV. 1. 1. 3. Chemins d'accès

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

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

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

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

IV. 1. 1. 4. Autres installations

Le projet ne prévoit l'installation d'aucune aire de repos ni de parking d'accès, non existant actuellement.

IV. 1. 2. Activité de l'installation

L'activité principale du futur parc éolien de Folles sera la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) maximale d'environ 125 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique n°2980 des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

IV. 1. 3. Composition de l'installation

Le parc éolien de Folles est composé de 5 aérogénérateurs et d'un poste source.

Le constructeur et le modèle précis d'éolienne qui sera installé sur le parc éolien de Folles seront définis ultérieurement.

À ce stade de développement, seul un gabarit de machine a été choisi, possédant une puissance maximale de 5MW. La puissance totale du parc éolien sera donc au maximum de 25 MW. La machine sera conforme aux dispositions de la norme NF EN 61400-1.

Les dimensions utilisées dans cette étude sont donc des dimensions « maximisantes », définies à partir de modèles existants, mais qui ne correspondent pas à un modèle précis d'aérogénérateur. Elles permettent d'appréhender de manière maximale les risques potentiels engendrés.

Ainsi, les dimensions considérées sont les suivantes :

- **Hauteur de mât : 125 m** au sens de la réglementation ICPE,
- **Diamètre de rotor : 150 m** maximum,
- **Hauteur totale : 200 m** en bout de pale.

Le tableau en page suivante indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs :

Tableau 11 : Coordonnées géographiques des installations du parc éolien

| Installation | Coordonnées Lambert 93 | | Coordonnées WGS84 | | Altitude du terrain en mètres NGF (m) |
|--------------|------------------------|-----------|-------------------|---------------|---------------------------------------|
| | X | Y | Longitude | Latitude | |
| E1 | 577 525 | 6 561 150 | 1°24'48.15" E | 46°8'20.72" N | 412 |
| E2 | 577 920 | 6 560 965 | 1°25'6.78" E | 46°8'15.00" N | 408 |
| E3 | 578 295 | 6 560 708 | 1°25'24.47" E | 46°8'6.89" N | 403 |
| E4 | 579 273 | 6 561 965 | 1°26'8.90" E | 46°8'48.26" N | 420 |
| E5 | 580 275 | 6 561 847 | 1°26'55.74" E | 46°8'45.08" N | 429 |

Les distances inter-éoliennes sont présentées ci-après :

Tableau 12 : Distances inter-éoliennes du parc éolien de Folles

| Éoliennes considérées | Distance de centre à centre (en m) |
|-----------------------|------------------------------------|
| E1-E2 | 436 |
| E2-E3 | 454 |
| E3-E4 | 1 592 |
| E4-E5 | 1 009 |

La distance entre les éoliennes est donc comprise entre 436 et 1 009 m. Le poste source se trouve à environ 3 km au sud de l'éolienne la plus proche (E5).

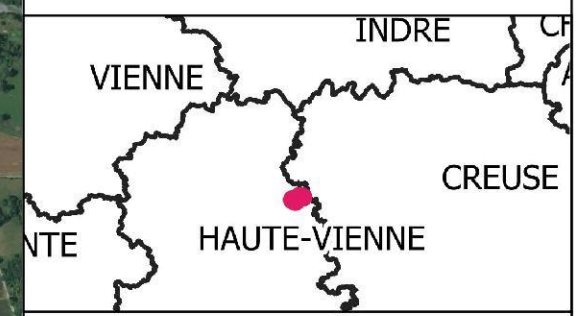
Un plan détaillé de l'installation, présentant l'emplacement des éoliennes, du poste source, des plateformes, des chemins d'accès et des câbles électriques enterrés, est présenté en page suivante.

Plan des aménagements



Légende

- Éoliennes
- ▭ Aire d'étude - 500 m
- ▭ Zone de survol
- Limites administratives**
 - ▭ Limites communales
 - ▬ Limites départementales
- Aménagements**
 - ▭ Plateforme
 - ▭ Fondation
 - ▭ Virages
 - ▭ Pistes à créer
 - ▭ Pistes à renforcer et à élargir
 - ▭ Pistes à élargir
 - ▭ Raccordement électrique
 - ▭ Poste source



| | |
|---|--------------------|
| Projet de parc éolien : Folles et Fromental | |
| Plan des aménagements | |
| FORMAT - A3 | ECHELLE - 1/15 000 |
| COORDS - L93 | DATE - 29/05/2019 |
| © BD_Ortho, EOLISE | |

IV. 2. Fonctionnement de l'installation

IV. 2. 1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

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

Les pales se mettent en mouvement quand le vent atteint une vitesse, à hauteur d'axe, d'environ 10 km/h (soit 2,7 m/s), et c'est seulement à partir de 12 km/h (soit 3,3 m/s) que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 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 45 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

Pour un aérogénérateur de 3 MW par exemple, la production électrique atteint 3 000 kW dès que le vent atteint environ 40 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 ou 30 000 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 95 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.

IV. 2. 2. Découpage fonctionnel de l'installation

Le tableau suivant permet de recenser tous les éléments du parc éolien de Folles, avec leur fonction et caractéristiques.

Tableau 13 : Découpage fonctionnel du parc éolien

| Élément de l'installation | Fonction | Caractéristiques |
|---------------------------|---|--|
| Fondation | Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol | D'environ 3 m d'épaisseur pour un diamètre d'environ 25 à 35 m, elle est composée de béton armé. Elle est constituée soit d'une virole d'ancrage métallique préfabriquée, soit d'une cage d'ancrage, tous deux enchâssés dans un réseau de ferrailage à béton. Le type de fondation mise en œuvre sera déterminé avec précision suite aux résultats de l'étude géotechnique qui sera réalisée plusieurs mois avant le démarrage des travaux de construction. Leur dimensionnement prend en compte : le type d'éolienne, la nature des sols, les conditions météorologiques extrêmes et les conditions de fatigue. Elles sont enterrées sous le niveau du sol naturel, par remblaiement avec une partie des matériaux excavés. Le dimensionnement et la construction des fondations sont soumis au Contrôle Technique Obligatoire. |

| Élément de l'installation | Fonction | Caractéristiques |
|---------------------------|--|--|
| Mât | Supporter la nacelle et le rotor | Le mât de l'aérogénérateur est constitué de plusieurs sections tubulaires en acier, de plusieurs dizaines de millimètres d'épaisseur, assemblées entre elles par brides. Il est fixé aux tiges d'ancrage disposées dans la fondation. Sa couleur est blanc grisé (RAL 7035 ou similaire). La hauteur maximale du mât (125 m), et ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée. L'accès au mât se fait par une porte verrouillable en pied d'éolienne. Il abrite une armoire de contrôle, des armoires de batteries d'accumulateurs, les cellules de protection électriques, et le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle. Il est doté d'un dispositif assurant un éclairage intégral des plates-formes et de la montée. |
| Nacelle | Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité | La nacelle, positionnée au sommet du mât, est constituée d'une structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre et équipée de fenêtres de toit permettant d'accéder à l'extérieur. Elle abrite un certain nombre d'équipements fonctionnels : générateur (transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique), multiplicateur le cas échéant, système de freinage mécanique, système d'orientation permettant de positionner le rotor face au vent, instruments de mesure de vent, balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique. |
| Rotor / Pales | Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice | Le rotor se compose de trois pales, construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Son diamètre maximum est de 150 m. Les pales sont de la même couleur que le mât (disposition réglementaire). Elles pivotent autour de leur axe longitudinal, afin de s'adapter aux conditions de vent. Elles peuvent également se mettre en position « drapeau » (parallèle à la direction du vent) pour assurer un freinage aérodynamique en cas de vitesses de vent élevées, qui peut être suivi du freinage mécanique (système à l'intérieur de la nacelle). |
| Transformateur | Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau | Le transformateur permet l'élévation en tension de l'énergie électrique produite par l'aérogénérateur de 690 à 30 000 V. Il peut être installé soit dans l'éolienne (pied de mât ou nacelle), soit dans un local à proximité. |
| Poste source | Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public | Le poste source se compose d'une plateforme gravillonnée de 1700 m ² regroupant les installations hautes tensions, les transformateurs et un bâtiment abritant les installations basse et moyenne tension nécessaires à l'exploitation du poste de transformation. Des charpentes galvanisées soutiennent l'installation. Elles sont dimensionnées en fonction des contraintes météo, du poids de la structure des efforts verticaux sur les conducteurs, des efforts horizontaux (vent sur les conducteurs, traction sur les câbles). La plateforme est clôturée par un grillage métallique réglementaire de 2 m. Un entourage spécifique s'ajoutera à la clôture pour assurer une intégration paysagère maximale. Ce poste de transformation aura une capacité standard de 50 MW dont 25 MW sont dédiés au parc de Folles. |
| Câbles souterrains | Permettent d'acheminer l'électricité depuis les éoliennes jusqu'au réseau de distribution via le poste de source | Câbles enterrés entre 80 et 120 cm de profondeur. Présence d'un grillage avertisseur, réseau borné et repéré. Tension des câbles : 20 000 à 30 000 volts. |
| Plateforme | Permet le positionnement des grues nécessaires au levage et à la maintenance | Empierrement stabilisé d'environ 2 000 m ² pour supporter le poids des grues. |

Les périodes de fonctionnement d'une éolienne peuvent être découpées en 4 phases :

- **2 à 3 m/s** : un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent.
- **Environ 3 m/s** : le vent est suffisant pour générer de l'électricité. L'éolienne peut être couplée au réseau électrique.
- **Supérieur à 3 m/s** : la génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent.
- **De 13 à 26 m/s** : l'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales. La plage de fonctionnement est dépendante de la puissance nominale de la turbine. L'éolienne délivre une puissance nominale entre -20°C et +40°C. Au-delà de 20 m/s, certains modèles produisent légèrement en dessous de la puissance nominale.

Dans des conditions climatiques présentant une température inférieure à -20°C, l'éolienne s'arrête. Elle ne redémarre qu'à partir de -18°C.

IV. 2. 3. Sécurité de l'installation

La description des différents systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques dans le *paragraphe VII. 6* de l'étude de dangers. Seule une présentation des principales dispositions réglementaires en vigueur en matière de sécurité est fournie ci-après.

Le parc éolien de Folles sera conforme à la réglementation en vigueur concernant les éoliennes terrestres, et notamment aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 relatives à la sécurité.

IV. 2. 3. 1. Dispositions constructives

Normes et certifications

Conformément à l'article 8 de l'arrêté du 26 août 2011, le type d'éolienne implanté pour le projet éolien de Folles sera conforme aux dispositions de la norme **NF EN 61 400-1** dans sa version de juin 2006 ou **CEI 61 400-1** dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne.

Cette norme spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie prévue. Elle concerne tous les sous-systèmes des éoliennes, tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien.

Par ailleurs, l'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée. En outre l'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation.

Les différents types d'éoliennes font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Aussi, les équipements satisferont à la norme IEC 61 400-22 (avril 2011), relative aux essais de conformité et certification. Cette norme définit les règles et procédures d'un système de certification des éoliennes. Ce système spécifie les règles relatives aux procédures et à la gestion de mise en œuvre de l'évaluation de la conformité d'une éolienne et des parcs éoliens, avec les normes spécifiques et autres exigences techniques en matière de sécurité, de fiabilité, de performance, d'essais et d'interaction avec les réseaux électriques.

Mise à la terre

Comme énoncé dans l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011, l'ensemble de l'aérogénérateur est mis à la terre et respecte la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). Plusieurs paratonnerres sont installés sur les pales, la nacelle et le mât.

Chaque pale est pourvue d'une pointe en aluminium ou d'un récepteur de foudre de chaque côté de la pointe qui dévie le courant de la foudre par un câble en acier vers le moyeu du rotor. Les opérations de maintenance du système de la mise à la terre incluront un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre. L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

Installations électriques

En application avec l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011, les générateurs sont bien conformes à la Directive Machines du 17 mai 2006. Quant aux installations électriques extérieures aux générateurs (réseau inter-éolien, poste source), elles respecteront les normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200. Les installations électriques seront entretenues et maintenues en bon état et seront contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.

Balisage lumineux

Conformément à l'article 11 de l'arrêté du 26 août 2011, le balisage lumineux du parc éolien nécessaire à la sécurité pour la navigation aérienne est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 23 avril 2018 (abrogeant l'arrêté du 13 novembre 2009) qui indique que l'ensemble du parc éolien doit être balisé.

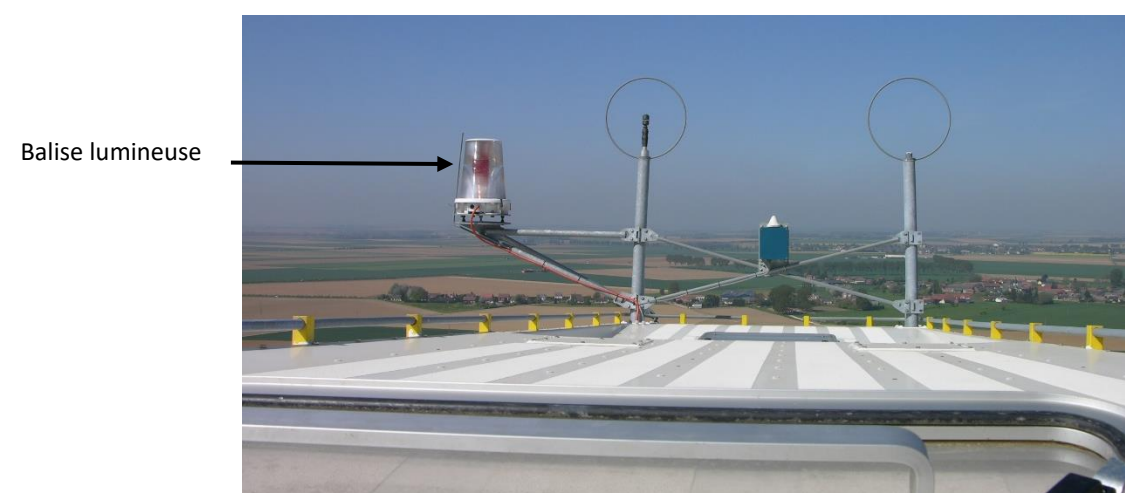


Figure 17 : Système de balisage lumineux
(Source : ECOTERA)

Champs magnétiques

Conformément à l'article 6 de l'arrêté du 26 août 2011, les caractéristiques des machines utilisées pour le projet éolien de Folles permettront d'éviter que les zones proches ne soient exposées à un champ magnétique, émanant des éoliennes, supérieur à 100 micro teslas à 50-60Hz. En outre, l'ensemble du réseau électrique enterré est protégé par des gaines limitant la diffusion des ondes.

Des mesures ont été effectuées par le groupe EMITECH, en 2014, sur un parc éolien afin de déterminer le niveau de champ magnétique basse fréquence. Il s'est avéré qu'à une distance de 500 m d'une éolienne, le champ magnétique

mesuré était de 0,003 micro teslas. Le niveau maximal qui a été relevé est de 0,093 micro teslas, soit 1 075 fois inférieur à la limite « public ».

A titre de comparaison, la valeur caractéristique de l'intensité du champ magnétique d'un aspirateur à 3 cm est de l'ordre de 200 à 800 micro teslas (Source : Office fédéral de protection contre les rayonnements, Allemagne).

IV. 2. 3. 2. Autres dispositions à mettre en œuvre en phase exploitation

Accès aux installations

Les personnes étrangères au site n'auront pas accès à l'intérieur des éoliennes, ces dernières étant fermées à clef tout comme les postes source (cf. **article 13 de l'arrêté du 26 août 2011**).

Défense incendie

Conformément **aux articles 7, 23 et 24 de l'arrêté du 26 août 2011**, un parc éolien doit mettre en œuvre un dispositif de lutte contre l'incendie, qui comprend :

- Un **système de détection** d'incendie (Figure 18) et d'entrée en survitesse de l'éolienne. Il permet d'alerter à tout moment l'exploitant ou un opérateur désigné en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse. Ces systèmes de détection fixés dans la partie supérieure des armoires électriques et sur le toit de la nacelle se déclenchent lorsqu'un capteur de fumée détecte de la fumée et/ou lorsque le capteur de température détecte un dépassement de seuil de température défini. Ils feront l'objet de vérifications lors des phases de maintenance notamment. ;
Un **système d'alarme** couplé au système de détection mentionné ci-dessus. Chaque éolienne sera équipée de plusieurs systèmes ;
- Des **moyens de lutte contre l'incendie**. En respect des normes en vigueur, deux extincteurs portatifs à poudre destinés à combattre les débuts d'incendies seront installés au pied du mât et dans la nacelle.
- La **présence d'une voie d'accès carrossable** entretenue permettant l'intervention des services d'incendie et de secours.
- **L'interdiction d'entreposage** à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables.

Rappelons en outre que la majeure partie de l'éolienne est constituée de matériaux non inflammables (mât en acier et fondation en béton, machines, freins, génératrice (...) en métal), et que les seuls composants inflammables sont les pales du rotor et la cabine (matière plastique renforcée de fibres de verre), les câbles et petites pièces électriques, les huiles mécaniques (combustibles mais non inflammables), les tuyaux et autres petites pièces en matière plastique et les accumulateurs.



Figure 18 : Exemples de dispositifs de détection d'arc, de température et de fumée
(Source : SIEMENS Gamesa)

Consignes de sécurité

Le fournisseur des machines s'engagera à mettre en place et porter à connaissance du personnel les consignes de sécurité nécessaires telles que définies dans **les articles 14 et 22 de l'arrêté du 26 août 2011** :

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

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

En application avec **l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011**, l'exploitant s'engagera également à former son personnel sur les consignes de sécurité du site et sur les risques présentés par l'installation, les moyens mis en œuvre pour les éviter et les procédures d'urgence à appliquer.

Un affichage des prescriptions à observer par les tiers doit être visible sur un panneau d'information sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur les postes source.

Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste source doivent être maintenus fermés à clé, afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.

Les agriculteurs exploitants situés dans la zone de portée seront informés des consignes de sécurité et des numéros de services d'urgence à contacter en cas de besoins. Les communes concernées devront prendre en charge la prévention et la sécurité lors de la présence occasionnelle de groupes de personnes (centres de loisirs, groupes scolaires...).

Les équipements de sécurité des éoliennes, tels que les systèmes de contrôle de survitesse, le dispositif d'arrêt d'urgence, le système de protection contre la foudre, les capteurs, etc. font l'objet de vérifications de maintenance particulières selon des protocoles définis par les constructeurs et suivis dans le cadre du système qualité de l'exploitant.



Figure 19 : Panneau d'informations afin de prévenir la population
(Source : ECOTERA)

Détection de formation de glace

Dans le cas de conditions climatiques extrêmes (fraicheur et humidité importantes), de la glace peut se former sur les pales de l'éolienne.

Afin d'éviter la projection de glace et pour garantir un bon fonctionnement des installations, les constructeurs mettent en place des systèmes de contrôle du givre et ce, conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011.

Chaque généralisateur est équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur sera mis à l'arrêt dans un délai maximal de 60 min. L'exploitant définira une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales.

Lorsqu'un référentiel technique, permettant de déterminer que l'importance de la glace formée nécessite l'arrêt de l'aérogénérateur, sera reconnu par le Ministre des installations classées, l'exploitant respectera les règles prévues par ce référentiel.

Des panneaux d'informations sur la possibilité de formation de glace seront également implantés sur les chemins d'accès aux machines.

IV. 2. 4. Organisation des moyens de secours

IV. 2. 4. 1. Moyens d'alerte

En cas d'incident, un système de détection permet d'alerter à tout moment l'opérateur. Ce dernier peut alors transmettre l'information aux services d'urgence compétents les plus proches dans un délai inférieur à 15 minutes. En effet, l'éolienne est équipée d'un grand nombre de capteurs. Par mesure de sécurité, la totalité de ceux pouvant avoir un impact sur l'intégrité structurelle de la turbine sont redondants. Les capteurs concernés sont par exemple les capteurs de température, de vitesse de vent, de vitesse de rotation...

Ainsi, l'exploitation des éoliennes ne fera pas l'objet d'une présence permanente sur site, mis à part lors des opérations de maintenance. Le fonctionnement du parc éolien est entièrement automatisé et contrôlé à distance.

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

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

Les installations sont équipées d'un système de surveillance à distance, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. L'entreprise chargée de la maintenance a la tâche de surveiller le SCADA 24 h/24 et de déclencher les interventions nécessaires. Le SCADA constitue un terminal de dialogue entre l'automate et son système d'entrée/sortie, connecté en réseau au niveau des armoires de contrôle placées dans la nacelle et dans le pied de l'éolienne.

Dans le cas d'un dysfonctionnement du système de SCADA central, le contrôle de commande des éoliennes à distance est maintenu puisque ces machines disposent d'un SCADA qui leur est propre. Le seul inconvénient est qu'il faut donner l'information à chacune des éoliennes du parc. Dans le cas d'un dysfonctionnement du système SCADA propre à une éolienne, ce dernier entraîne l'arrêt immédiat de la machine. Ainsi, en cas de défaillance éventuelle du système SCADA de commande à distance, le parc éolien est maintenu sous contrôle soit via le système SCADA propre à la machine, soit par l'arrêt automatique de la machine.

Par ailleurs, le système de contrôle de commande des éoliennes est relié par fibre optique aux différents capteurs en forme d'anneau. En cas de rupture de la fibre optique entre deux éoliennes, la transmission peut s'effectuer directement dans le sens inverse et permettre ainsi de garantir une communication continue avec les éoliennes.

Les détections d'anomalie et les points d'alerte sont reliés en temps réel via un système d'alarme sur les téléphones portables du personnel d'astreinte (appel téléphonique généré). Celui-ci peut alors faire intervenir les services compétents dans les meilleurs délais.

Au moment de la mise en service du parc éolien, l'exploitant transmettra au SDIS de la Haute-Vienne les informations suivantes : plans des installations, coordonnées du personnel d'astreinte, moyens d'accès.

IV. 2. 4. 2. Moyens d'intervention sur site

Comme indiqué précédemment, des extincteurs adaptés aux feux d'origine électrique seront installés près des transformateurs et dans chaque éolienne. Ces extincteurs pourront notamment être utilisés par les équipes de maintenance si un départ de feu a lieu durant leur présence sur site.

Le personnel intervenant sur le parc éolien, et dans les éoliennes plus particulièrement, est formé à l'utilisation des dispositifs de secours et d'évacuation. Lorsqu'une personne non formée à ces dispositifs doit intervenir sur les éoliennes, cette dernière est systématiquement accompagnée par un nombre adéquat de personnes formées.

Les dispositifs d'évacuation sont constitués d'une porte en pied de mât (manœuvrable de l'intérieur), d'une trappe à l'intérieur de la nacelle et d'un système équipé d'un treuil et de harnais.

À l'intérieur du mât, en cas de coupure de courant, un éclairage de sécurité conforme à la réglementation en vigueur sera prévu, afin d'assurer l'évacuation des personnes en cas de besoin.

En cas d'incident, un périmètre de sécurité sera délimité dans un rayon de 500 m de l'éolienne. Les voies d'accès au parc et en pied de chaque éolienne seront utilisables par les services d'incendie et de secours, conformément à **l'article 7 de l'arrêté du 26 août 2011**.

IV. 2. 4. 3. Numéros d'urgence et premiers secours

Des panneaux de signalisation rappelant les consignes de sécurité, les numéros d'urgence et les coordonnées du service de maintenance, seront placés sur les voies d'accès au site et à l'entrée des différents équipements (mâts et poste source). Le personnel de maintenance disposera d'un téléphone portable utilisable sur le site en cas de nécessité.

Les numéros utiles pour alerter les secours en cas d'urgence qui seront indiqués sont notamment :

- Pompiers : 18 / 112
- SAMU : 15
- Police secours : 17



Figure 20 : Exemple d'affiche des numéros d'urgence
(Source : www.signaletique.fr)

IV. 2. 5. Opérations de maintenance de l'installation

L'entretien des éoliennes est réalisé par le constructeur, qui dispose de toute l'expertise, des techniciens formés, de la documentation, des outillages et des pièces détachées nécessaires. Il fait l'objet d'un contrat d'une durée de 5 à 20 ans. L'objectif de cet entretien est le maintien en état des éoliennes pour la durée de leur exploitation, soit 20 ans

minimum, avec un niveau élevé de performance, de fiabilité et de disponibilité, et dans le respect de la sécurité des intervenants et des riverains.

Le plan d'entretien est rédigé par l'exploitant sur la base des recommandations du constructeur, et dans le respect de la réglementation ICPE. Chaque fabricant d'éoliennes construit ses matériels selon les normes européennes en vigueur, et respecte en particulier la norme IEC 61 400-1 définissant les besoins pour un plan de maintenance.

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

Pour ces opérations de maintenance, une équipe de techniciens spécialisés interviendra sur site.

IV. 2. 5. 1. Mise en route

Comme énoncé dans **l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011**, avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalisera des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent :

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

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

IV. 2. 5. 2. Maintenance préventive

Selon la définition de l'AFNOR, la maintenance préventive est exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits, et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.

Conformément aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011, l'entretien préventif est réalisé au cours de deux visites annuelles au cours desquelles les éléments suivants sont vérifiés :

- État des structures métalliques (tours, brides, pales) et serrage des fixations ;
- Lubrification des éléments tournants, appoints d'huile au niveau des boîtes de vitesse ou groupes hydrauliques ;
- Vérification des éléments de sécurité de l'éolienne, dont l'arrêt d'urgence, la protection contre les survitesses, la détection incendie ;
- Vérification des différents capteurs et automates de régulation ;
- Entretien des équipements de génération électrique ;
- Tâches de maintenance prédictive : surveillance de la qualité des huiles, état vibratoire...
- Propreté générale.

IV. 2. 5. 3. Maintenance prédictive

La maintenance prédictive (ou prévisionnelle) est une maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation d'un bien¹.

Afin d'optimiser les conditions d'exploitation et de réduire les coûts associés à des arrêts de production non programmés, l'exploitant met en place un programme de maintenance prédictive, allant au-delà des prescriptions usuelles du constructeur.

Cette anticipation de pannes est faite par la surveillance des paramètres d'exploitation des éoliennes, tels que les températures des équipements, l'analyse en laboratoire des lubrifiants et l'analyse des signatures vibratoires de certains équipements tournants. Ainsi, lorsqu'un paramètre dévie de sa plage normale de fonctionnement, l'exploitant déclenche une opération de maintenance ciblée sur le problème détecté, sans qu'une panne n'ait arrêté l'éolienne.

Les opérations de maintenance prédictive concernent les systèmes électriques et mécaniques, le resserrage des fixations, le changement des liquides de lubrification, réglage des paramètres de contrôle, diverses inspections visuelles...

IV. 2. 5. 4. Maintenance corrective

La maintenance corrective est une maintenance exécutée après détection d'une panne, et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise¹.

Tout au long de l'année, des interventions sont déclenchées au besoin en cas de dysfonctionnement ou lorsqu'un équipement tombe en panne (remplacement d'un capteur défaillant...). Le centre de surveillance envoie une équipe de maintenance après l'avoir avertie de la nature de la panne observée et des éléments probables pouvant contribuer à la panne.

IV. 2. 5. 5. Contrôles réglementaires périodiques

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

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

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

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

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

IV. 2. 6. Stockage et flux de produits dangereux

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

Le fonctionnement d'un parc éolien produit une faible quantité de déchets, principalement issus des opérations de maintenance des équipements. Les déchets générés par cette activité sont de type :

- Huiles usagées (environ 25% du total),
- Chiffons et emballages souillés (environ 30% du total),
- Piles, batteries, néons, aérosols, DEEE² (environ 5% du total),
- Déchets industriels banals : ferrailles, plastiques, emballages, palettes bois (environ 40%).

L'ensemble des déchets générés par les opérations de maintenance fait l'objet d'une collecte, d'un tri et d'un traitement dans une filière adaptée à leur nature.

La quantité approximative produite est d'environ 190 kg par éolienne et par an, soit **950 kg par an** pour le parc de Folles.

IV. 3. Fonctionnement des réseaux de l'installation

IV. 3. 1. Raccordement électrique

Le raccordement électrique des éoliennes au réseau public de distribution, permettant l'utilisation de l'électricité produite par le parc éolien, est composé comme suit (cf. Figure 21) :

- Le raccordement des éoliennes entre elles au **poste source privé** ;
- Le poste source sera raccordé au réseau électrique de transport géré par RTE.

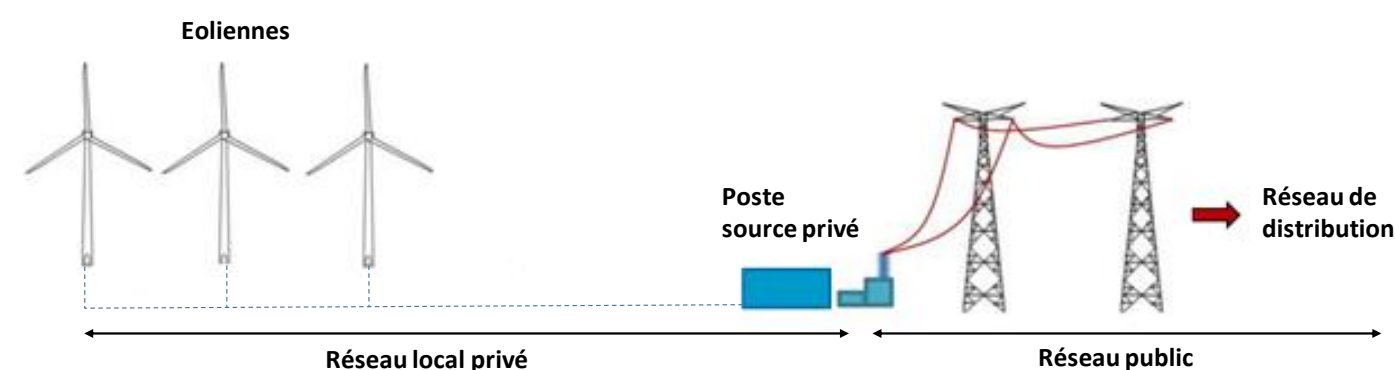


Figure 21 : Schéma de principe de raccordement du parc éolien au réseau public
(Source : d'après Guide technique de l'étude de dangers, SER-FEE-INERIS, 2012, NCA)

IV. 3. 1. 1. Réseau inter-éolien (réseau local privé)

Le réseau inter-éolien (ou réseau local privé) permet de relier le transformateur, intégré dans le mât de l'éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui

¹ Définition issue de la norme NF EN 13306 X 60-319

² Déchets d'équipements électriques et électroniques.

relie l'éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne du parc éolien, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.

Le réseau inter-éolien du parc de Folles représente une longueur d'environ **8,9 km**.

IV. 3. 1. 2. Poste source

Le poste source est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public.

La localisation exacte de l'emplacement du poste source dépend de la proximité du réseau inter-éolien et du réseau public de transport d'électricité (lignes haute tension).

Dans le cas du projet éolien de Folles, le raccordement s'effectue par « piquage », au niveau du pylône 172, sur la ligne 90 Kv passant au niveau du bourg de Folles. Pour ce projet, les éoliennes seront raccordées directement à un **poste de transformation électrique HTA/HTB privé appartenant à la société EOLISE**.

Le poste source, appelé aussi poste de transformation, se situe sur la commune de Folles à proximité d'un pylône de la ligne 90 Kv de la Souterraine-Maureix.

Les conditions de raccordement sont définies par le gestionnaire du réseau public d'électricité, ici RTE, dans le cadre d'un contrat de raccordement, dans lequel sont définies les conditions techniques, juridiques et financières de l'injection de l'électricité produite par le parc sur le réseau, ainsi que du soutirage.

Par ailleurs la proposition technique et financière (PTF) pour le raccordement du parc de Folles au réseau public de transport d'électricité a déjà été signée avec RTE fin 2018.

Des plans du poste source sont présentés en page suivante.

IV. 3. 2. Autres réseaux

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

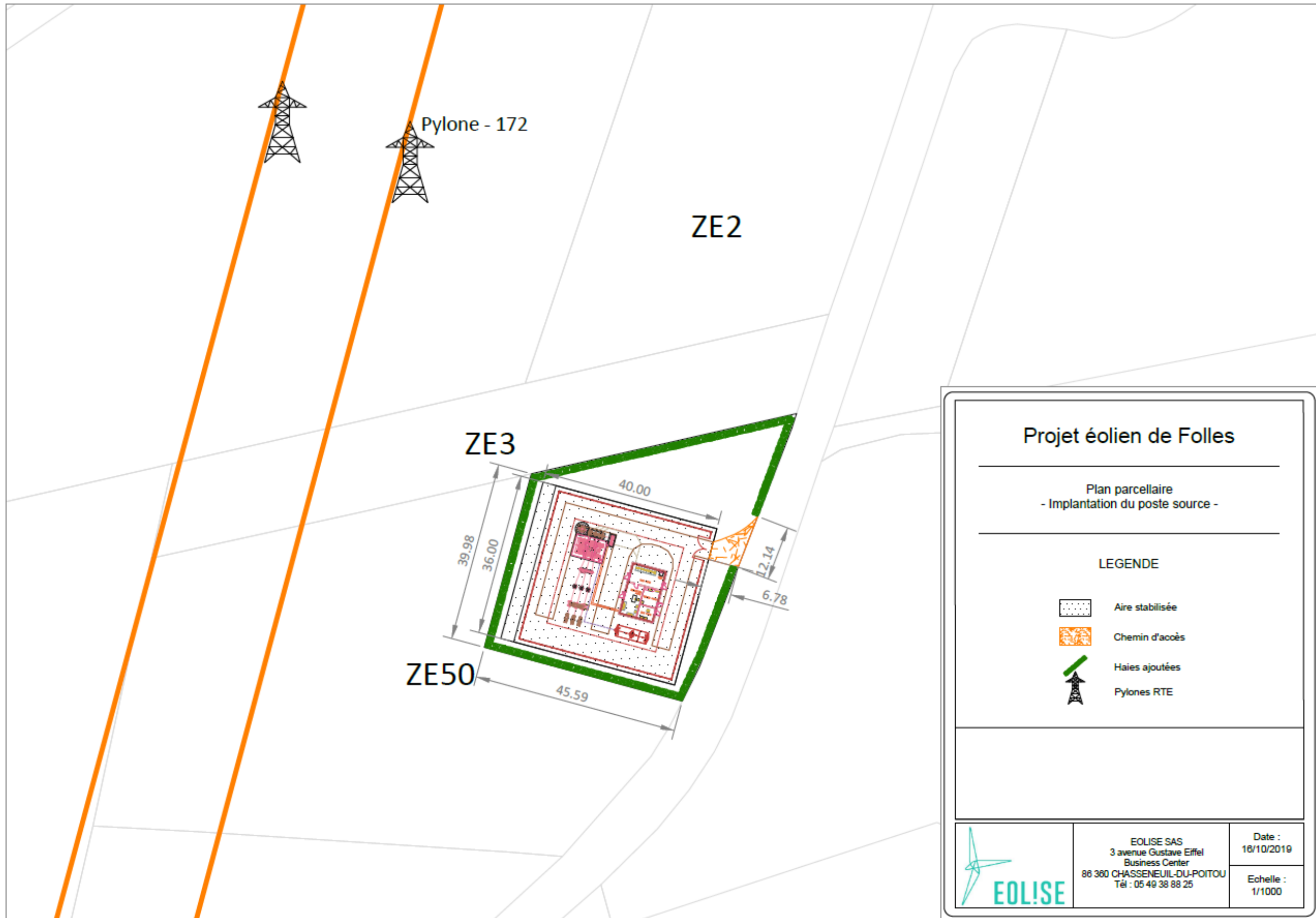


Figure 22 : Plan parcellaire du poste source

(Source : EOLISE)

COUPE A-A

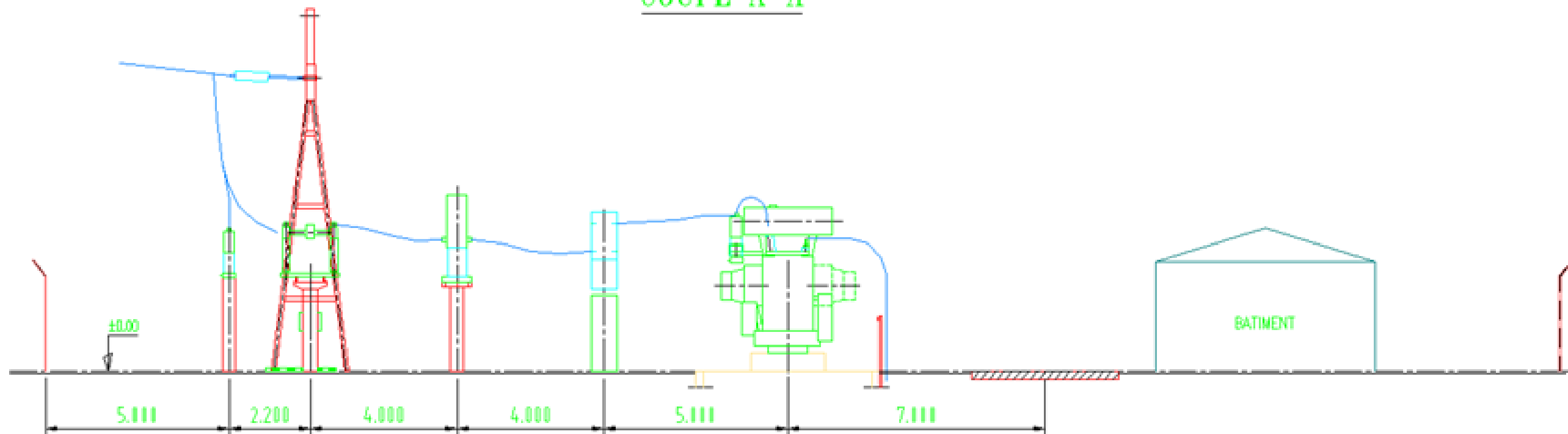


Figure 23 : Vue en coupe du poste source
(Source : EOLISE)

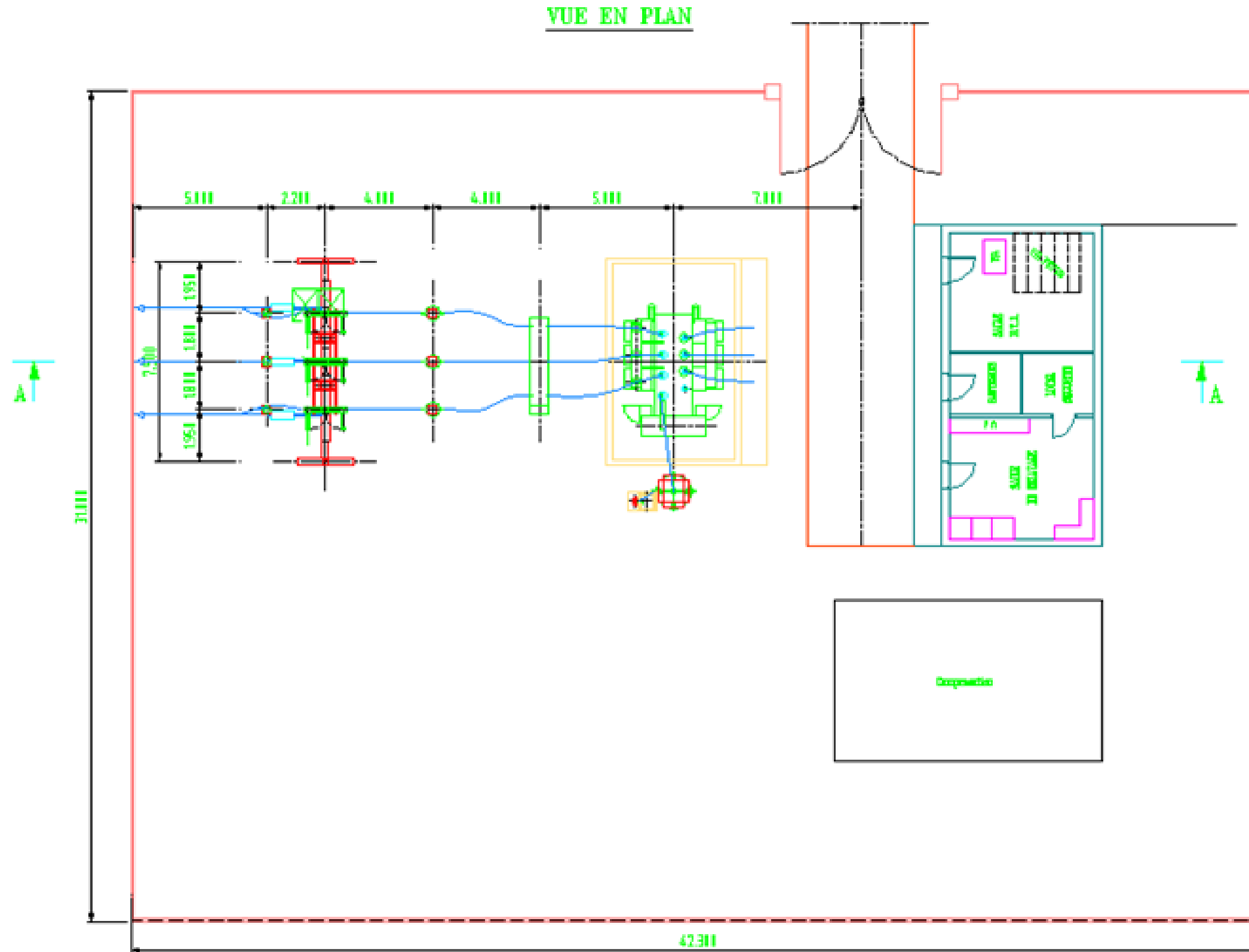


Figure 24 : Vue en plan du poste source
 (Source : EOLISE en collaboration avec RTE)

V. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

V. 1. 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.

Des déchets sont toutefois générés lors du montage, de la mise en service des éoliennes ainsi que lors des travaux de maintenance. A titre d'exemple, les quantités de déchets typiques générés lors du montage et de la mise en service des éoliennes sont énumérés ci-dessous. Les quantités peuvent varier en fonction de la méthode du transport et le type de machine.

- 380 m² de film polyéthylène ;
- 50 m² de carton ;
- 50 m² de papier restant ;
- 70 kg de bois ;
- 2 m³ de polystyrène ;
- 5 kg de reste de tapis ;
- 30 kg de câble restant ;
- 1 kg de serre-câble ;
- 30 kg de matériel d'emballage ;
- 20 kg de déchets ménagers ;
- 10 kg de chiffons.

Les produits identifiés dans le cadre du projet de parc éolien de Folles sont utilisés pour le bon fonctionnement de l'éolienne, leur maintenance et leur entretien :

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

Les huiles et les graisses ne sont pas des produits inflammables, mais sont des produits combustibles qui peuvent développer ou entretenir un incendie sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud. Certains produits de maintenance peuvent être inflammables, mais ne sont amenés dans l'éolienne que pour les opérations et repris en fin d'opération.

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 un aérogénérateur ou le poste source.

Par ailleurs, les articles 20 et 21 dudit arrêté stipulent que les déchets générés par l'exploitation seront traités et si possible valorisés dans des centres adéquats. Aucun déchet ne sera brûlé à l'air libre.

Le suivi de la traçabilité est assuré grâce à l'émission de bordereaux de suivi de déchets (BSD).

V. 1. 1. Inventaire des produits

La liste des produits est fournie dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Liste des produits utilisés

(Source : Nordex)

| Lieu de lubrification | Désignation | Lubrifiant | Quantité | Classe de matière dangereuse |
|---|--|-------------------------------------|---------------|------------------------------|
| Système de refroidissement / Génératrice, / Convertisseur | Varidos FSK 45 | Liquide de refroidissement | env. 300 | Xn |
| Roulements de la génératrice | Klüberplex BEM 41-132 | Graisse | env. 12 kg | - |
| Multiplicateurs, circuits de refroidissement inclus | Mobilgear SHC XMP 320 Castrol Optigear Synthetic X320 Fuchs RENOLIN UNISYN CLP 320 | Huile minérale Huile synthétique | Max. 800 L | - |
| Système Hydraulique | Shell Tellus S4 VX 32 | Huile minérale | env. 25 L | - |
| Roulement du rotor | Mobil SHC Graisse 460 WT | Graisse | env. 30 kg | - |
| Roulement d'orientation des pales | Fuchs Gleitmo 585K | Graisse | Approx. 35 kg | - |
| Boite de vitesse du système d'orientation des pales | Mobil SHC 629 | Huile synthétique | 3 x 11 L | - |
| Boite de vitesse du système d'orientation de la nacelle | Mobil SHC 629 | Huile synthétique | 4 x 27 L | - |
| Roulements du système d'orientation de la nacelle | Fuchs Gleitmo 585K | Graisse | 13 kg | - |
| Transformateur | - | - | - | - |

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

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

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

V. 1. 2. Dangers des produits

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien de Folles sont :

- **L'incendie** : des produits combustibles sont présents sur le site. Ainsi, la présence d'une charge calorifique peut alimenter un incendie en cas de départ de feu.
- La **toxicité** : ce risque peut survenir suite à un incendie créant certains produits de décomposition nocifs, entraînés dans les fumées de l'incendie.
- La **pollution** : en cas de fuite sur une capacité de stockage, la migration des produits liquides dans le sol peut entraîner une pollution, également en cas d'entraînement dans les eaux d'extinction incendie.

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

Les produits seront présents en quantité restreinte sur le site.

Compte tenu de la nature des matières stockées sur le site et de leur quantité, aucune précaution particulière ne sera prise. Il n'y a pas de problème d'incompatibilité des produits entre eux ou bien vis-à-vis des matériaux utilisés pour leur stockage.

Le guide technique préconise qu'au vu de la nature et des volumes des produits présents dans les aérogénérateurs, l'exploitant pourra se limiter à une description générale des produits utilisés et des dangers associés.

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

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant.

Tableau 15 : Dangers potentiels liés au fonctionnement du parc éolien

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

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

Dans ce paragraphe, il s'agit d'étudier d'une part, la possibilité de supprimer ou de substituer aux procédés et aux substances dangereuses, à l'origine des phénomènes redoutés et dangers potentiels identifiés précédemment, des procédés ou substances présentant des dangers moindres ; et d'autre part, la possibilité de réduire le potentiel de danger présent sur site, sans augmenter le risque par ailleurs.

V. 3. 1. Principales actions préventives

Au cours de la conception du projet, l'exploitant a orienté ses choix techniques selon 2 axes principaux, pour réduire les potentiels de dangers et garantir une sécurité optimale de l'installation.

V. 3. 1. 1. Réduction des dangers liés aux produits

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. La quantité est estimée entre 1 000 à 1 500 L par éolienne selon le modèle, et les lubrifiants doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon le type.

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

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

On note que la nacelle fait office de bac de récupération en cas de fuite au niveau de la couronne d'orientation. Le transformateur, présent dans la nacelle, ne nécessite pas de bac de récupération lorsqu'un système sec est utilisé, il ne nécessite donc l'usage d'aucun lubrifiant. Lorsqu'un transformateur à huile est utilisé, la nacelle et la plateforme supérieure du mât sont conçues pour collecter les éventuelles fuites.

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

V. 3. 1. 2. Réduction des dangers liés aux installations

Emplacement des installations

Au cours de la conception du projet éolien de Folles, un certain nombre de distances d'implantation a été considéré, pour des raisons techniques, sécuritaires et réglementaires :

- 500 m vis-à-vis des premières habitations et des zones urbanisables,
- 200 m vis-à-vis des routes départementales,
- 250 et 500 m des faisceaux hertziens protégés ;
- 205 m de la ligne HT ENEDIS ;
- 53 m du FH de Bouygues Telecom ;
- Hors périmètre de protection immédiate et rapprochée des captages AEP.

Comme le montrent les cartographies de synthèse au *paragraphe III. 4* l'aire d'étude n'intègre pas de forts enjeux humains ni matériels. **Les distances considérées permettent de réduire à la source les potentiels dangers liés au fonctionnement de l'installation.**

Caractéristiques des éoliennes

Comme indiqué précédemment, le parc éolien de Folles est composé de 5 aérogénérateurs et d'un poste source. Chaque aérogénérateur a une hauteur de mât maximale de 125 m au sens de la réglementation ICPE, et un diamètre de rotor de 150 m maximum, soit une hauteur totale en bout de pale de 200 m.

Chacun possède des équipements de sécurité en série, répondant à des standards et des normes. Les évolutions technologiques des dernières années ont notamment permis d'optimiser ces équipements et de limiter les risques.

Les caractéristiques des éoliennes choisies permettent également de réduire à la source les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.

Les mesures générales de prévention limitant les risques d'accident sur le parc éolien de Folles sont les suivantes :

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

V. 3. 2. Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

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

Entrée en vigueur le 7 janvier 2011, la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles et à la prévention et réduction intégrées de la pollution, dite « Directive IED », constitue une refonte de la directive IPPC. Elle en renforce les principes directeurs et encadre de manière plus étroite la mise en œuvre. Elle s'applique aux activités industrielles à potentiel majeur de pollution, définies à l'annexe I de la directive.

En droit français, l'ordonnance n°2012-7 du 5 janvier 2012 porte transposition du chapitre II de la directive IED et crée dans la partie législative du Code de l'environnement une nouvelle section concernant uniquement les installations visées par l'annexe I (appelées installations IED). Cette section regroupe les principes généraux applicables et prévoit l'identification des installations visées au sein de la nomenclature des installations classées (rubriques 3000).

L'article L.515-28 du Code de l'environnement, ainsi créé, introduit le principe de mise en œuvre des **meilleures techniques disponibles** (MTD).

Les installations éoliennes ne sont pas classées sous les rubriques 3000 de la nomenclature des ICPE et ne sont pas soumises à cette directive.

VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

VI. 1. Objectif de l'accidentologie

L'objectif de ce chapitre est de recenser et analyser les différents incidents et accidents survenus sur des installations de la filière éolienne. Il ne s'agit pas de dresser une liste exhaustive de ces événements, mais de rechercher les types d'incidents et d'accidents les plus fréquents, leurs causes et leurs effets, ainsi que les mesures prises pour limiter leur occurrence ou leurs conséquences, en vue de l'analyse des risques pour l'installation.

Ainsi, l'accidentologie est un outil complémentaire de l'analyse préliminaire des risques qui permet d'identifier :

- Les installations, équipements, comportements ou opérations à risque pouvant engendrer des défaillances ou des événements redoutés,
- Les conséquences de ces événements redoutés,
- Les moyens mis en œuvre afin de réduire, voire supprimer, le risque.

Les enseignements qui pourront en être tirés doivent permettre une meilleure maîtrise du risque dans les parcs éoliens.

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'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie VIII pour l'analyse détaillée des risques.

VI. 2. Inventaire des accidents et incidents en France

VI. 2. 1. Méthodologie

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 Folles.

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 (mai 2012).

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

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

L'inventaire présenté en Annexe 2 du Guide (et en Annexe 4 de la présente étude de dangers) a été actualisé en juin 2019 dans le cadre de la présente étude de dangers, à l'aide de la **base de données ARIA**. Les mots-clés sélectionnés dans la base ARIA sont « éolien » et « éolienne » pour une recherche en France et à l'étranger. Certains résultats sont communs entre les deux mots-clés.

La base de données ARIA -Analyse, Recherche et Information sur les Accidents- du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels), exploitée par le Ministère de la Transition écologique et solidaire, recense et analyse les accidents et incidents en France et à l'étranger intervenus dans différents secteurs industriels qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement depuis le 1^{er} janvier 1992. Les événements les plus graves qui ont pu se produire avant 1992 sont également répertoriés (6% des accidents français ou étrangers recensés dans ARIA sont antérieurs à 1988).

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

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le Guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens et mise à jour, 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 73 incidents et accidents a pu être recensé entre 2000 et fin-2018 (voir tableau détaillé en Annexe 4).

VI. 2. 2. Résultat

Dans ce recensement, les premiers événements concernent principalement d'anciens modèles d'aérogénérateurs, ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques.

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2018. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique sont présentés :

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

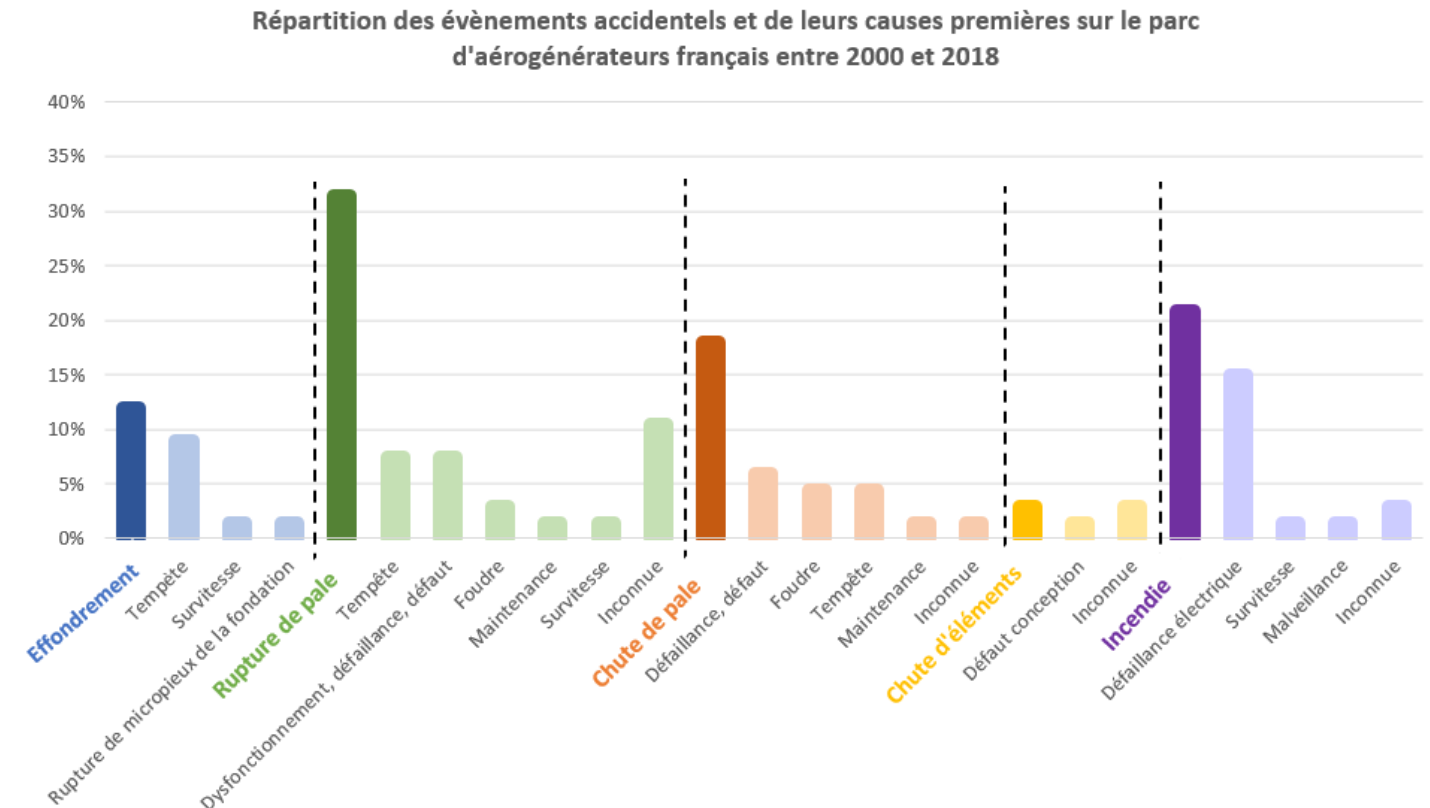


Figure 25 : Répartition des accidents et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2018

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les incendies, les chutes de pale, les effondrements et les chutes des autres éléments de l'éolienne. Les principales causes connues de ces accidents sont les tempêtes et les défaillances techniques. Deux incidents concernent également le déversement d'huile hydraulique.

VI. 3. Inventaire des accidents et incidents à l'international

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010. Bien qu'il n'y ait pas eu de mises à jour datant de 2019, cet inventaire, élément structurant du guide de l'étude de dangers, permet d'appréhender les causes d'accidents récurrents dans le monde.

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

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

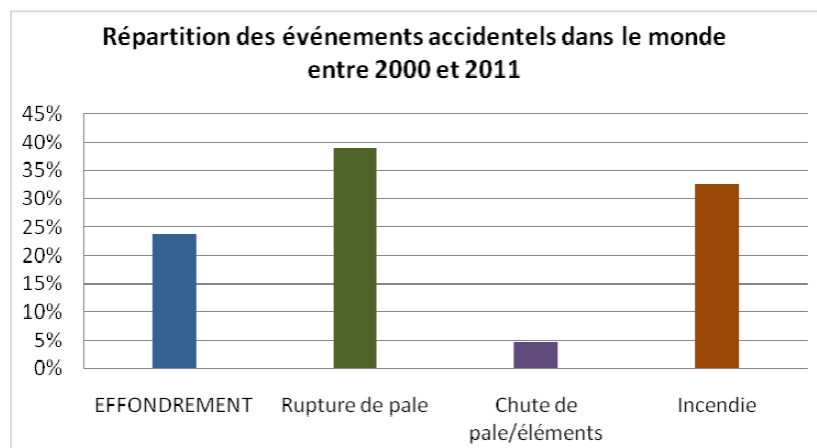


Figure 26 : Répartition des accidents dans le monde entre 2000 et 2011
(Source : Guide technique, mai 2012)

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

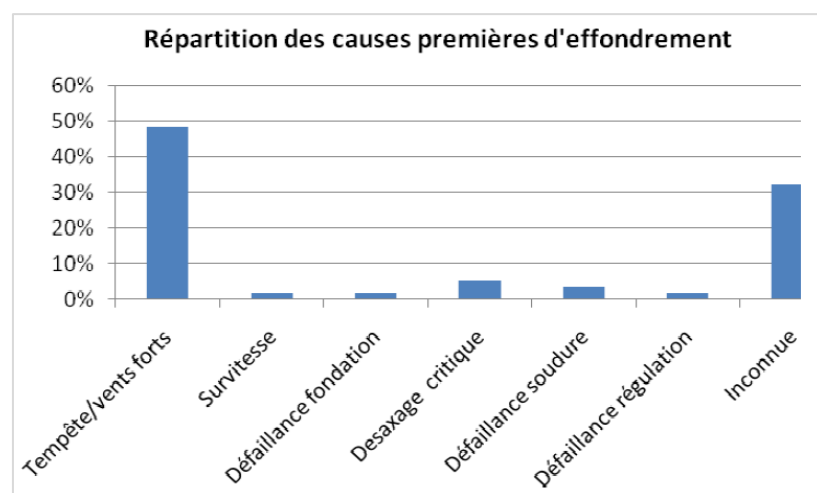


Figure 27 : Causes premières d'effondrement dans les accidents recensés dans le monde entre 2000 et 2011
(Source : Guide technique, mai 2012)

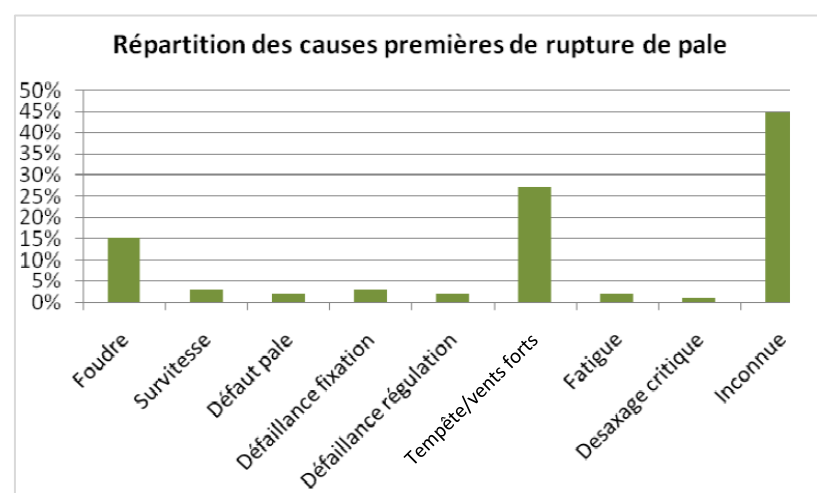


Figure 28 : Causes premières de rupture de pale dans les accidents recensés dans le monde entre 2000 et 2011
(Source : Guide technique, mai 2012)

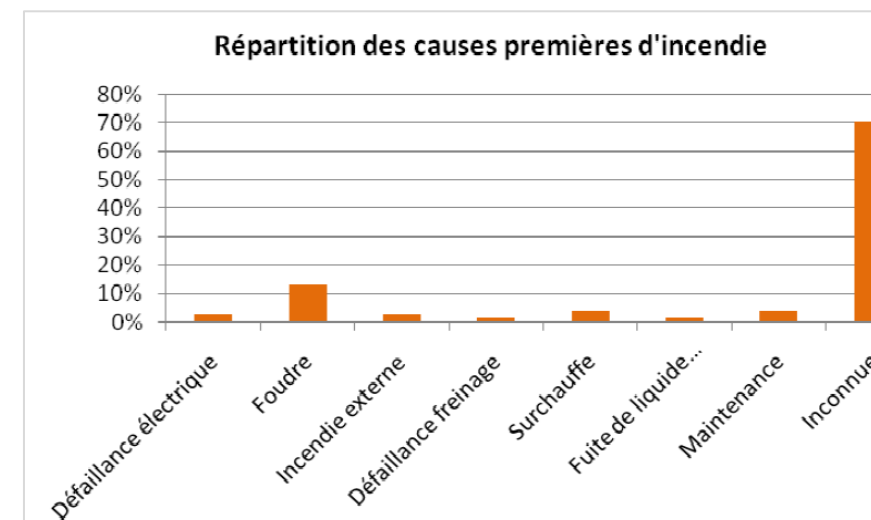


Figure 29 : Causes premières d'incendie dans les accidents recensés dans le monde entre 2000 et 2011
(Source : Guide technique, mai 2012)

L'association Caithness Wind Information Forum (CWIF) a rédigé une synthèse statistique des accidents liés à l'éolien au 30 septembre 2018.

Le tableau ci-dessous présente le nombre d'accidents survenus de 1996 à fin 2018.

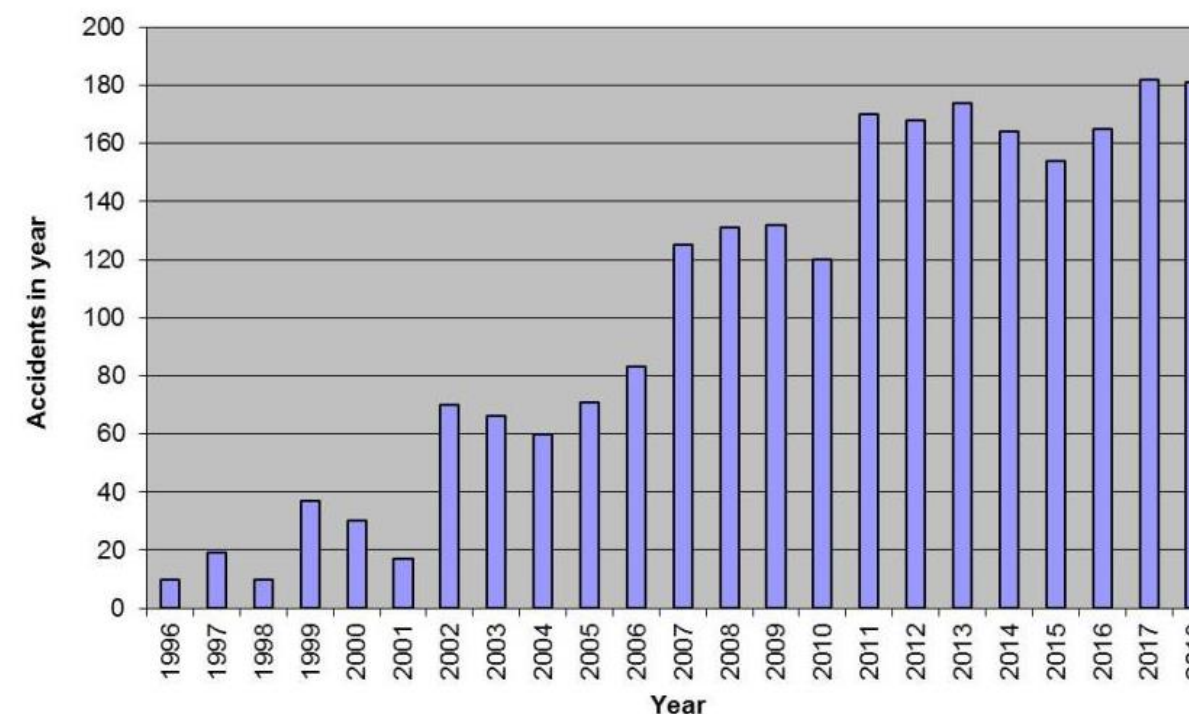


Figure 30 : Nombre d'accidents par an à l'étranger selon la CWIF
(Source : <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/accidents>)

De manière générale, le graphique témoigne d'une hausse du nombre d'accidents par an depuis 1996, avec une moyenne de 44 accidents par an de 1999 à 2003, 94 accidents par an de 2004 à 2008, 156 accidents par an de 2009 à 2013 inclus, et 173 accidents par an de 2014 à 2018.

A noter que l'augmentation du nombre d'accidents est également corrélée au nombre croissant d'éolienne installée.

Depuis les années 80, il y a eu 2 457 accidents recensés par la CWIF. Les données collectées par l'association mettent en évidence que la défaillance des pales est l'accident le plus courant avec 415 cas, suivi de près par un incendie (365 cas). Une "défaillance de pale" peut provenir de plusieurs sources possibles et entraîner la projection du rotor ou de morceaux de la turbine.

La troisième cause d'accident la plus courante, avec 208 instances trouvées est la "défaillance structurelle". C'est une défaillance majeure d'un composant dans des conditions que les composants devraient être conçus pour résister. Cela concerne principalement les dommages causés par les tempêtes aux turbines et l'effondrement de la tour. Cependant, un contrôle de qualité médiocre, un manque de maintenance et une défaillance des composants peuvent également être responsables.

Le transport des éoliennes est également à l'origine de 213 accidents. La plupart des accidents impliquent des sections de turbines qui tombent des transporteurs.

Enfin, CWIF estime que la projection de glace est à l'origine de 43 accidents depuis les années 1980.

VI. 4. Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant

EOLISE est une jeune société récemment créée en 2016, par conséquent elle n'exploite pas encore de parc éolien et ne recense donc pas d'accidents majeurs.

Les fondateurs de la société EOLISE sont à l'origine du développement de 277 éoliennes en service en France. Pour l'ensemble de ces éoliennes mises en service entre 2005 et 2018 aucun accident majeur n'est constaté.

VI. 5. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

VI. 5. 1. Analyse de l'évolution des accidents en France

À partir de l'ensemble des phénomènes dangereux qui ont été recensés, il est possible d'étudier leur évolution en fonction du nombre d'éoliennes installées (Figure 31) ou de puissance installée (Figure 32). En effet, certaines données étant manquantes ou peu fiables sur les dernières années en termes de nombre d'éoliennes installées, une comparaison a également été réalisée avec l'évolution de la puissance installée.

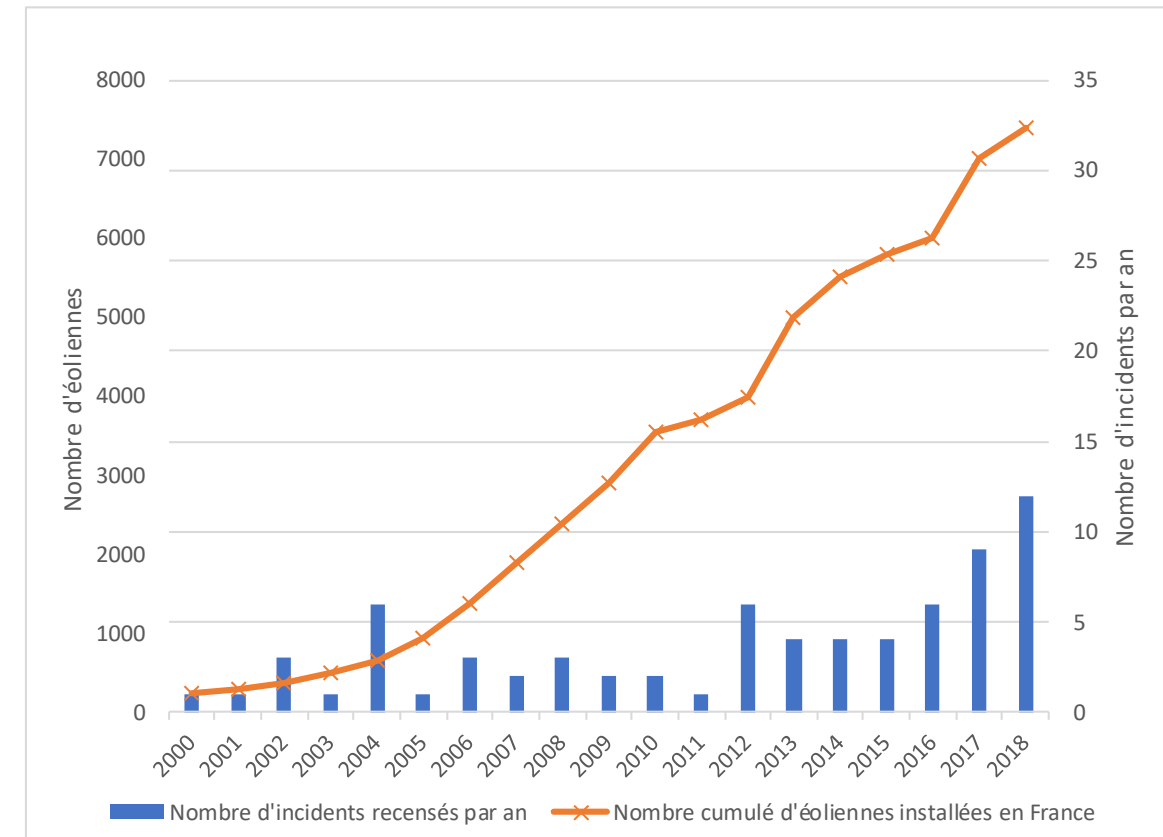


Figure 31 : Évolution du nombre d'incidents annuels recensés en France et du nombre d'éoliennes installées
(Source : Guide technique, ARIA)

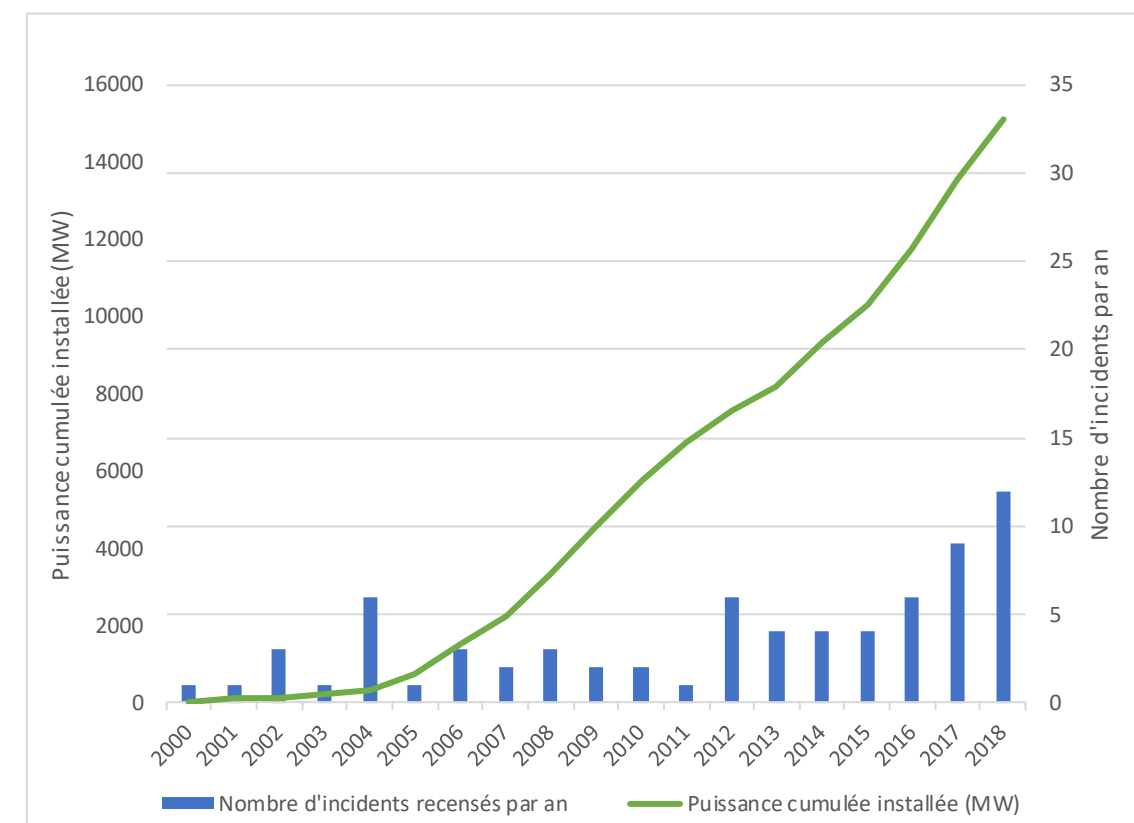


Figure 32 : Évolution du nombre d'incidents annuels recensés en France et de la puissance installée
(Source : Guide technique, ARIA, Panorama de l'électricité renouvelable en 2018)

Les figures précédentes montrent cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées, ni à la puissance installée. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant. Il a légèrement augmenté ces 5 dernières années.

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.

VI. 5. 2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

- Effondrement,
- Rupture de pales,
- Chute de pales et d'élément de l'éolienne,
- Incendie.

VI. 6. 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.

Pour rappel, l'exploitant d'un parc ICPE doit consigner dans un rapport tout type de panne, incident et accident survenu au cours de l'exploitation de l'installation.

VII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR)

VII. 1. Objectifs de l'analyse préliminaire des risques

L'analyse des risques a pour objectif principal **d'identifier les scénarios d'accidents majeurs** et les **mesures de sécurité** qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarios d'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 scénarios d'accidents sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences. Cette hiérarchisation permet de « filtrer » les scénarios qui présentent des conséquences limitées et les scénarios 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 suraccident lié à l'éolienne est considéré comme négligeable dans le cas des événements suivants :

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

VII. 3. Recensement des agressions externes potentielles

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

VII. 3. 1. Agressions externes liées aux activités humaines

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

Tableau 16 : Principales agressions externes liées aux activités humaines

| Infrastructure | Fonction | Évènement redouté | Danger potentiel | Périmètre considéré | Distance par rapport au mât des éoliennes | | | | |
|---------------------------|--------------------------|---|--|---------------------|---|-------------|--------------|--------------|----|
| | | | | | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 |
| Voies de circulation (RD) | Transport | Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules | Energie cinétique des véhicules et flux thermiques | 200 m | Aucune voie de circulation structurante ni route départementale dans le périmètre considéré | | | | |
| Aérodrome | Transport aérien | Chute d'aéronef | Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique | 2 000 m | Aucun aérodrome dans le périmètre considéré | | | | |
| Ligne THT | Transport d'électricité | Rupture de câble | Arc électrique, surtensions | 200 m | Aucune ligne électrique aérienne dans le périmètre considéré | | | | |
| Autre aérogénérateur | Production d'électricité | Accident générant des projections d'éléments | Energie cinétique des éléments projetés | 500 m | 436 m de E2 | 454 m de E3 | 1592 m de E4 | 1001 m de E5 | - |

Il n'existe aucun aérodrome ou aéroport dans un rayon de 2 km par rapport aux éoliennes du projet du parc de Folles, ni aucune voie de circulation structurante, ni de routes départementales, ni de ligne électrique aérienne dans un rayon de 200 m.

Les aérogénérateurs présents dans un rayon de 500 m appartiennent au parc de Folles. Il n'existe aucun autre parc éolien existant dans un rayon de 500 m.

VII. 3. 2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Le tableau ci-après synthétise les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels. Pour rappel, les agressions externes liées à des inondations, à des incendies ou à des séismes ne sont pas considérées dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

Tableau 17 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

| Agression externe | Intensité |
|--|--|
| Vents et tempête | La vitesse du vent moyenne annuelle à 120 m de hauteur est de 6,1 m/s Les dernières tempêtes majeures ont eu lieu, comme dans de nombreuses parties du territoire français en décembre 1999 (tempête Martin), en janvier 2009 (tempête Klaus), en février 2010 (tempête Xynthia) et en mars 2017 (tempête Zeus). |
| Foudre | Le niveau kéraunique (nombre de jours d'orage par an) de la Haute-Vienne est de 23. La densité de foudroiement (nombre d'impact foudre par an et par km ²) dans le département est de 2,3. Le parc éolien respectera la norme IEC 61 400-24 (juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (décembre 2006). |
| Glissement de sols / affaissements miniers | Les communes de Folles et Fromental ont fait l'objet de plusieurs arrêtés portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour inondations, coulées de boue, tempête et mouvements de terrain. Aucune cavité souterraine n'est recensée dans l'aire d'étude. L'aléa retrait-gonflement des argiles est nul à faible au sein de l'aire d'étude. |

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 fonction de sécurité n°6 ci-après (cf. *paragraphe VII. 6.*).

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

VII. 4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

Les potentiels de dangers des installations, qu'ils soient liés aux produits ou au fonctionnement des équipements, ont été recensés au *paragraphe V*. L'APR doit à présent identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

Le tableau suivant 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'évènement 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'effet attendue de ces événements.

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

- « 1 » correspond à un phénomène limité ou se cantonnant au surplomb de l'éolienne ;

- « 2 » correspond à une intensité plus importante et impactant potentiellement des personnes autour de l'éolienne.

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

À noter que les fonctions de sécurité numérotées de 1 à 12 seront détaillées à la suite de ce tableau générique des risques, au *paragraphe VII. 6*.

Tableau 18 : Tableau d'analyse générique des risques

(Source : Guide technique de l'étude de dangers, Mai 2012)

| N° | Évènement initiateur | Évènement intermédiaire | Évènement 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 d'anémomètre | Chute d'élément de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9) | Impact sur cible | 1 |
| C03 | Défaut fixation nacelle – pivot central – mât | Chute de nacelle | Chute d'élément de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9) | Impact sur cible | 1 |
| P01 | Survitesse | Contraintes trop importantes sur les pales | Projection de tout ou partie de pale | Prévenir la survitesse (N°4) Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau (N°13) | Impact sur cible | 2 |
| P02 | Fatigue - Corrosion | Chute de fragment de pale | Projection de tout ou partie de pale | Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) | Impact sur cible | 2 |
| P03 | Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage | Chute de fragment de pale | Projection de tout ou partie de pale | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9) | Impact sur cible | 2 |
| E01 | Effets dominos autres installations | Agression externe et fragilisation de la structure | Effondrement de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9) | Projection / chute de fragments et chute du mât | 2 |

| N° | Évènement initiateur | Évènement intermédiaire | Évènement redouté central | Fonction de sécurité (intitulé générique) | Phénomène dangereux | Qualification de la zone d'effet |
|-----|---|--|----------------------------|--|---|----------------------------------|
| E02 | Glissement de sol | Agression externe et fragilisation de la structure | Effondrement de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9) | Projection / chute de fragments et chute du mât | 2 |
| E03 | Crash d'aéronef | Agression externe et fragilisation de la structure | Effondrement de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9) | Projection / chute de fragments et chute du mât | 2 |
| E04 | Effondrement engin de levage travaux | Agression externe et fragilisation de la structure | Effondrement de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9) | Chute de fragments et chute du mât | 2 |
| E05 | Vents forts | Défaillance fondation | Effondrement de l'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) Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau (N°13) | Projection/chute de fragments et chute du mât | 2 |
| E06 | Fatigue | Défaillance mât | Effondrement de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) | Projection/chute de fragments et chute du mât | 2 |
| E07 | Désaxage critique du rotor | Impact pale – mât | Effondrement de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) | Projection/chute de fragments et chute du mât | 2 |
| E08 | Tempête | Impact rotor | Effondrement de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) | Projection/chute de fragments et chute du mât | 2 |
| E09 | Sur-vitesse de rotation des pales | Agression externe et fragilisation de la structure | Effondrement de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9) | Projection/chute de fragments et chute du mât | 2 |
| E10 | Sur-vitesse de rotation des pales + défaut des batteries de secours permettant la mise en drapeau des pales | Impact pale – mât | Effondrement de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) | Projection/chute de fragments et chute du mât | 2 |

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

Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en Annexe 5

VII. 5. Effets dominos

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

Les effets dominos susceptibles d'impacter une éolienne sont décrits dans le tableau d'analyse générique des risques présenté précédemment.

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

Le Guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens (Mai 2012) propose de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE, que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 m.

Dans le cadre du projet de Folles, aucune installation classée n'est identifiée dans un rayon de 100 m autour de chaque aérogénérateur. L'évaluation des effets dominos n'est donc pas nécessaire dans la présente étude.

VII. 6. Mise en place des mesures de sécurité

La troisième étape de l'analyse préliminaire des risques consiste à identifier les barrières de sécurité installées sur les aérogénérateurs et qui interviennent dans la prévention et/ou la limitation des phénomènes dangereux listés dans le Tableau 18 : Tableau d'analyse générique des risques.

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes du parc de Folles. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les aspects relatifs aux fonctions de sécurité sont détaillés selon les critères suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-après un tableau par fonction de sécurité (ou mesure de maîtrise des risques – MMR). Cet intitulé décrit l'objectif des mesures de sécurité ; il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : cette ligne 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 devront être présentés (détection + traitement de l'information + action). Il n'est pas demandé de décrire dans le détail la marque ou le fonctionnement de l'équipement considéré, simplement de mentionner leur existence.

- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires, pour permettre au lecteur une meilleure compréhension de leur fonctionnement.
- **Indépendance (« oui » ou « non »)** : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »). Dans le cadre d'une étude de dangers d'un parc éolien, cette indépendance sera mesurée à travers les questions suivantes :
 - Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité, mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur ;
 - Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ?
- **Temps de réponse (en secondes ou en minutes)** : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers d'un parc éolien, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
 - Une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 min ;
 - Une seconde mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai maximal de 60 min.
- **Efficacité (100% ou 0%)** : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée.
- **Test (fréquence)** : il s'agit des 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 doivent être 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 minima la réalisation d'un contrôle tous les ans 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.

Dans les tableaux suivants, le terme « NA » (Non Applicable) est indiqué dans le cas où certains critères ne sont pas applicables à la mesure de maîtrise des risques (MMR), surlignée en orange.

Tableau 19 : Description de la MMR n°1

| 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 et de mise à l'arrêt de l'aérogénérateur Procédure adéquate de redémarrage | | |
| Description | Système de détection ou de déduction redondant de la formation de givre permettant de suspecter la formation de glace sur les pales. La formation de glace ou l'accumulation de neige sur les pales modifie leur comportement aérodynamique entraînant une modification du rendement énergétique. Un « écart » est constaté sur la courbe de puissance par rapport à la courbe théorique utilisée comme référentiel pour les dispositifs de contrôle. En cas de suspicion de présence de glace, les éoliennes sont arrêtées immédiatement, dans un délai de 60 minutes maximum. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site. | | |
| Indépendance | Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés. | | |
| Temps de réponse | Immédiat (l'alarme est déclenchée dès que le capteur détecte des conditions de givre.) | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne | | |
| Maintenance | Vérification du système suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. | | |

Tableau 20 : Description de la MMR n°2


| Fonction de sécurité | Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace | N° de la fonction de sécurité | 2 |
|----------------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Signalisation (affichage de panneaux) sur les chemins d'accès aux éoliennes.  <i>Exemple de pictogramme relatif au risque chute de glace</i> Éloignement des zones habitées et fréquentées | | |
| Description | Mise en place de panneaux de signalisation sur les chemins d'accès aux éoliennes du risque de chute de glace (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011) | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | NA | | |
| Efficacité | 100% compte-tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu. L'information des promeneurs sera ainsi 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. | | |

Tableau 21 : Description de la MMR n°3

| Fonction de sécurité | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques | N° de la fonction de sécurité | 3 |
|----------------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Capteurs de température sur pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Suivant ces seuils, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice. | | |
| Description | Tous les principaux composants (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur, circuit d'huile, circuit d'eau) sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne. En cas de dépassement de seuils, des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif), voire son arrêt. Tout phénomène anormal est automatiquement répertorié, tracé via le système SCADA de l'éolienne et donne lieu à des analyses, et si nécessaire, des interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | NA | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | Vérification lors des visites maintenance, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur. | | |
| 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 préventive annuelle de la génératrice et de son système de refroidissement, ainsi que du multiplicateur (y compris le système de refroidissement de l'huile du multiplicateur). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. | | |

Tableau 22 : Description de la MMR n°4

| Fonction de sécurité | Prévenir la survitesse | N° de la fonction de sécurité | 4 |
|----------------------------|--|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Détection de survitesse et système de freinage Éléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1 | | |
| Description | Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle de commande. Le système de freinage déployé est double : mise en drapeau des pales (frein aérodynamique) couplé au frein mécanique à disque à commande hydraulique présent sur l'arbre rapide du multiplicateur. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | 15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté). L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 min 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 (maintenance préventive annuelle) 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. | | |

Tableau 23 : Description de la MMR n°5


| Fonction de sécurité | Prévenir les courts-circuits | N° de la fonction de sécurité | 5 |
|----------------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | <p>Coupage de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique</p> <p>Détecteur d'arc (en exemple ci-dessous)</p>  | | |
| Description | <p>Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés.</p> <p>Le détecteur d'arc détecte toute formation d'un arc électrique qui pourrait conduire à des phénomènes de fusion de conducteurs et de début d'incendie. Le fonctionnement de ce détecteur commande le déclenchement de la cellule haute tension, mettant hors tension la machine.</p> <p>Tout fonctionnement anormal des composants électriques est donc 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.</p> | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | De l'ordre de la seconde | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | / | | |
| Maintenance | <p>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.</p> <p>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.</p> | | |

Tableau 24 : Description de la MMR n°6

| Fonction de sécurité | Prévenir les effets de la foudre | N° de la fonction de sécurité | 6 |
|----------------------------|--|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Mise à la terre et système de protection contre la foudre des éléments de l'aérogénérateur | | |
| Description | <p>L'éolienne est équipée d'un système de parafoudre (sur la nacelle et les pales) et satisfait au degré de protection défini dans la norme internationale IEC 61 400-24. La foudre est capturée par des récepteurs sur les pales du rotor et déviée depuis le rotor vers le mât. Le courant de foudre est ainsi évacué dans le sol via des prises de terre de fondation. Des parasurtenseurs sont présents sur les circuits électriques afin de protéger les équipements des surtensions et des surintensités.</p> <p>Les anémomètres et balisage lumineux disposés sur le toit de la nacelle sont aussi protégés contre les coups de foudre directs (dispositifs reliés à la structure métallique de la nacelle, elle-même mise à la terre).</p> <p>A noter les éoliennes (rubrique 2980 de la législation des ICPE) ne sont pas soumises à une Analyse du Risque Foudre – ARF tel que définie dans l'arrêté du 15/01/2008 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées.</p> | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | Immédiat (dispositif passif) | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | La valeur de mise à la terre est contrôlée avant la mise en service du parc. | | |
| Maintenance | <p>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.</p> <p>Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive.</p> | | |

Tableau 25 : Description de la MMR n°7


| Fonction de sécurité | Protection et intervention incendie | N° de la fonction de sécurité | 7 |
|----------------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | <p>Capteurs de température sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine</p> <p>Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle</p> <p>Intervention des services de secours</p>  <p><i>Exemple d'un détecteur et extincteur incendie</i></p> | | |
| Description | <p>Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise à l'arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance.</p> <p>Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru (UPS).</p> <p>L'éolienne est également équipée d'extincteurs (un dans la nacelle et un au pied du mât) qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention.</p> <p>Conformément à l'arrêté du 26/08/2011, l'exploitant 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'éolienne.</p> | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | <p>< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme</p> <p>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.</p> <p>Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.</p> | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | <p>Les détecteurs de fumée sont testés à la mise en service puis tous les ans.</p> <p>Vérification de la plausibilité des mesures de température.</p> | | |
| Maintenance | <p>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.</p> <p>Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé.</p> <p>Maintenance corrective suite à une défaillance du matériel.</p> | | |

Tableau 26 : Description de la MMR n°8


| Fonction de sécurité | Prévention et rétention des fuites | N° de la fonction de sécurité | 8 |
|----------------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | <p>Détecteurs de niveau d'huile</p> <p>Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération</p> <p>Procédure d'urgence</p> <p>Kit antipollution (en exemple ci-dessous)</p>  | | |
| Description | <p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</p> <p>Des bacs de rétention empêchent l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes en cas de fuite. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert d'huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupèrera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.</p> | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | <p>Temps de détection de l'ordre de la seconde</p> <p>Mise en pause de la turbine < 1 min</p> | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | / | | |
| Maintenance | <p>Inspection des niveaux d'huile et vérification d'absence de fuite plusieurs fois par an.</p> <p>Inspection et maintenance corrective en fonction du type de déclenchement d'alarme.</p> | | |

Tableau 27 : Description de la MMR n°9

| Fonction de sécurité | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) | N° de la fonction de sécurité | 9 |
|----------------------------|--|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblage (ex : brides, joints, etc.) Procédures et contrôle qualité | | |
| Description | La norme IEC 61400-1 « 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 le mât répondent aux standards IEC 61400-1. Les pales respecteront le standard IEC 61400 -1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion). Lors la fabrication et du montage des éoliennes, des contrôles sont effectués par des organismes de contrôle indépendants et certifiés (ex: DEKRA, APAVE, SOCOTEC, etc.). Par ailleurs, le personnel intervenant lors de la construction des machines est formé à son poste de travail. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | 15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté) | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système. | | |
| Maintenance | Les couples de serrage [brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system (système d'orientation des pales), couronne du Yaw Gear (système d'orientation de la nacelle), 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. Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles. | | |

Tableau 28 : Description de la MMR n°10

| Fonction de sécurité | Prévenir les erreurs de maintenance | N° de la fonction de sécurité | 10 |
|----------------------------|--|-------------------------------|----|
| Mesures de sécurité | Procédure de maintenance | | |
| Description | Suivi des préconisations du manuel de maintenance. Par ailleurs, le personnel de maintenance est qualifié ayant reçu une formation adaptée, respectant pour chaque opération les procédures établies dans le manuel de maintenance. L'exploitant s'attache également à assurer la sécurité du personnel d'intervention qui recevra une formation en vue d'assurer sa propre sécurité lors des interventions. Il sera notamment formé aux procédures d'évacuation en cas de risque avéré. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | NA | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | Les opérations de maintenance font l'objet d'un rapport permettant la réalisation d'un suivi. | | |
| Maintenance | NA | | |

Tableau 29 : Description de la MMR n°11

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

Tableau 30 : Description de la MMR N°12


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

Tableau 31 : Description de la MMR N°13

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

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

Notamment, suivant 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

À l'issue de l'analyse préliminaire des risques, seuls les scénarios d'accident dont l'intensité est telle que l'accident peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine, sont retenus.

Ainsi, dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, 4 catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité. Ces derniers sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 32 : Scénarios exclus de l'étude détaillée des risques et justifications

| Nom du scénario exclu | Justification |
|--|--|
| Incendie de l'éolienne (effets thermiques) | En cas d'incendie de nacelle, et en raison de sa hauteur, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 m de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât, les effets sont également mineurs et l'arrêt du 26 août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins, il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments. |
| Incendie du poste source ou du transformateur | En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (postes source) 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'arrêt du 26 août 2011 [9]) et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200. |
| Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C | 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. |
| Infiltration d'huile dans le sol | En cas d'infiltration d'huile dans le sol, les volumes de substances libérés dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques, sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique. |

Les 5 catégories de scénarios étudiées dans l'étude détaillée des risques sont les suivantes :

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

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

VIII. ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

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

VIII. 1. Rappel des définitions

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

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

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

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

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

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode adaptée 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 d'un phénomène dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005[13]).

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [13] caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, pour des effets de surpression, toxiques ou thermiques).

Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

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

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

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

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

Tableau 33 : Définition du degré d'exposition

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

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

VIII. 1. 3. 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 34 : Seuils de gravité

| Intensité / Gravité | Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte | Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte | Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée |
|---------------------|---|--|--|
| Désastreux | Plus de 10 personnes exposées | Plus de 100 personnes exposées | Plus de 1 000 personnes exposées |

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

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 scénarios d'accident majeur :

Tableau 35 : Classes de probabilité

| Niveau de probabilité | Appréciation qualitative | Appréciation quantitative | |
|-----------------------|--------------------------|--|-------------------------------|
| A | Fréquent | Événement courant : s'est 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. | $> 10^{-2}$ / an |
| B | Probable | Événement probable : s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation. | De 10^{-3} à 10^{-2} / an |
| C | Peu probable | Événement improbable : 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. | De 10^{-4} à 10^{-3} / an |
| D | Rare | Événement rare : s'est déjà produit dans ce secteur d'activité, mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité. | De 10^{-5} à 10^{-4} / an |
| E | Extrêmement rare | Événement extrêmement rare : n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années, d'installations. | $< 10^{-5}$ / an |

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 (P) est en effet le produit de plusieurs probabilités :

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

Avec :

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

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

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

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

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

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

Le parc de Folles est composé de 5 aérogénérateurs et d'un poste source. Chaque aérogénérateur a une **hauteur de mât de 125 m maximum** au sens de la réglementation ICPE, et un **diamètre de rotor de 150 m maximum**, soit une **hauteur totale en bout de pale de 200 m maximum**.

Pour rappel : le constructeur et le modèle précis d'éolienne qui sera installé sur le parc de Folles seront définis ultérieurement. La machine sera conforme aux dispositions de la norme NF EN 61400-1. À ce stade de développement, seul un gabarit de machine a été choisi, possédant une puissance maximale de 5 MW. La puissance totale du parc éolien sera donc de 25 MW au maximum.

Les dimensions utilisées dans cette étude sont donc des dimensions « maximisantes », définies à partir de modèles existants, mais qui ne correspondent pas à un modèle précis d'aérogénérateur.

VIII. 2. Caractérisation des scénarios retenus

VIII. 2. 1. Effondrement d'une 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 de l'éolienne en bout de pale, soit **200 m au maximum** dans le cas des éoliennes du parc de Folles.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références [5] et [6] ; cf. Annexe 7). 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 dans le cas du parc de Folles.

Les données utilisées sont les suivantes :

| | | | | |
|----|---|---------------------------|---|-------|
| R | = | longueur de la pale | = | 74 m |
| H | = | hauteur du mât | = | 125 m |
| Hm | = | hauteur de moyeu | = | 125 m |
| L | = | largeur de la base du mât | = | 4,3 m |
| LB | = | corde de la pale | = | 4,2 m |

Tableau 36 : Intensité du scénario « Effondrement de l'éolienne »

| Effondrement d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale : 200 m) | | | |
|--|---|--|--------------------|
| Zone d'impact Z_i (m ²) | Zone d'effet (Z_E) du phénomène étudié (m ²) | Degré d'exposition (d) du phénomène étudié (%) | Intensité |
| $Z_i = H \times L + 3 \times R \times LB/2$ La zone d'impact est de 1 012,3 m ² . | $Z_E = \pi \times (H + R)^2$ La zone d'effet est de 126 923,5 m ² | $d = Z_i / Z_E$ $d = 0,80 \%$ | Exposition modérée |

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

VIII. 2. 1. 3. Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. *paragraphe VIII. 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 10 et 100 personnes exposées : « Important »
- Au plus 10 personnes exposées : « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » : « Modéré »

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

Tableau 37 : Gravité du scénario « Effondrement de l'éolienne »

| Effondrement d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale : 200 m) | | | |
|--|---|-------------------------------|---------|
| Éolienne | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | Total (personnes permanentes) | Gravité |
| E1 | 0,12 (terrains non aménagés) | 0,18 | Modéré |
| | 0,06 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E2 | 0,12 (terrains non aménagés) | 0,20 | Modéré |
| | 0,08 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E3 | 0,12 (terrains non aménagés) | 0,18 | Modéré |
| | 0,06 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E4 | 0,12 (terrains non aménagés) | 0,26 | Modéré |
| | 0,06 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| | 0,08 (chemins de randonnées) | | |
| E5 | 0,12 (terrains non aménagés) | 0,19 | Modéré |
| | 0,06 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| | 0,01 (chemins de randonnées) | | |

Pour rappel, la méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en Annexe 3. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

VIII. 2. 1. 4. Probabilité

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

Tableau 38 : Valeurs de la littérature pour la probabilité d'effondrement d'une éolienne

| Source | Fréquence | Justification |
|--|--|---------------------|
| Guide de zonage des éoliennes basé sur les risques [5] | $4,5 \times 10^{-4}$ | Retour d'expérience |
| Spécification des distances minimales [6] | $1,8 \times 10^{-4}$ (Effondrement de la nacelle et de la tour) | Retour d'expérience |

Ces valeurs correspondent à une classe de probabilité « C » selon l'arrêté du 29 septembre 2005.

A fin 2011, le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience³, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

A fin 2019, il a été recensé 3 effondrements pour des éoliennes de plus de 1 MW soit un total de 10 événements depuis 2000. Cela correspond ainsi à 56 256 années d'expérience, soit une probabilité de $1,8 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an soit de fois moins qu'en 2011.

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C », à savoir : « Évènement 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 ».

³ Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si une éolienne est observée pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

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 61400-1 ;
- 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) ;
- Système de batterie avec mise à l'arrêt et mise en sécurité.

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, seulement 9 effondrements sont survenus depuis 2000.

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

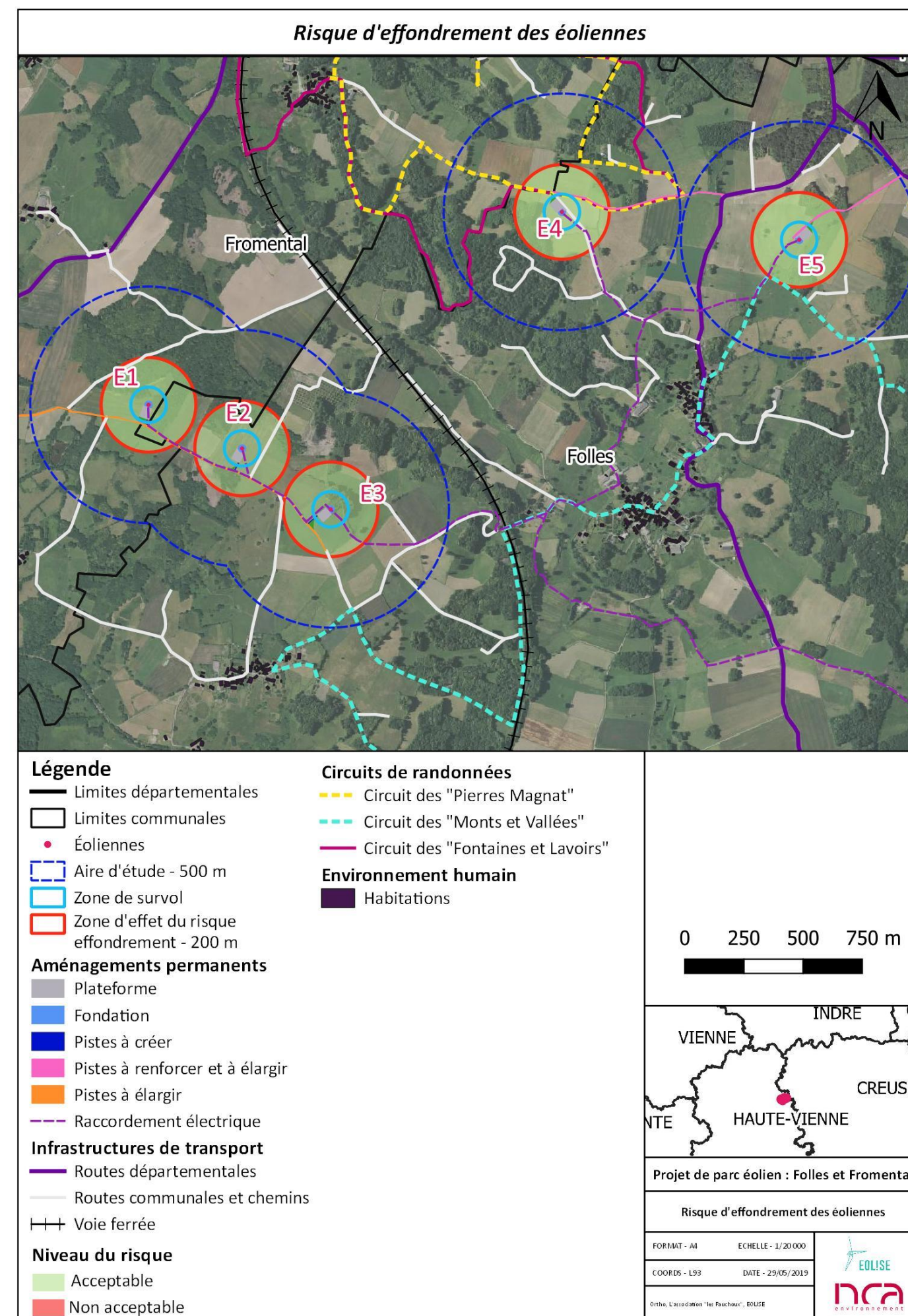
VIII. 2. 1. 5. Acceptabilité

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

Tableau 39 : Acceptabilité du scénario « Effondrement de l'éolienne »

| Effondrement d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale : 200 m) | | |
|--|---------|------------------|
| Éolienne | Gravité | Niveau de risque |
| E1 | Modéré | Acceptable |
| E2 | Modéré | Acceptable |
| E3 | Modéré | Acceptable |
| E4 | Modéré | Acceptable |
| E5 | Modéré | Acceptable |

Le phénomène d'effondrement d'éoliennes du parc de Folles constitue un risque acceptable pour les personnes.



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 [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concerné 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.

La température annuelle moyenne sur le secteur de La Souterraine (23) est de 11°C. On compte plus de 60 jours de gel en moyenne par an (13,8 avec une température inférieure à -5°C).

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 de Folles, la zone d'effet a donc un rayon de 75 m. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

VIII. 2. 2. 3. Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc de Folles. Comme précédemment, Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale ($R=74\text{ m}$) et SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG=1\text{ m}^2$).

Tableau 40 : Intensité du scénario « Chute de glace »

| Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à un demi-diamètre de rotor en bout de pale : $D/2=75\text{ m}$) | | | |
|--|---|--|--------------------|
| Zone d'impact Z_I (m^2) | Zone d'effet (Z_E) du phénomène étudié (m^2) | Degré d'exposition (d) du phénomène étudié (%) | Intensité |
| $Z_I = SG$ La zone d'impact est de 1 m^2 . | $Z_E = \pi \times R^2$ La zone d'effet est de $17\,203,4\text{ m}^2$. | $d = Z_I / Z_E$ $d = 0,0058\%$ | Exposition modérée |

L'intensité du phénomène de chute de glace est nulle au-delà de la zone de survol.

VIII. 2. 2. 4. Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. paragraphe VIII. 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 1 000 personnes exposées : « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées : « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées : « Important »
- Moins de 10 personnes exposées : « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à une personne : « Modéré »

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

Tableau 41 : Gravité du scénario « Chute de glace »

| Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à un demi-diamètre de rotor en bout de pale : $D/2=75\text{ m}$) | | | |
|--|---|-------------------------------|---------|
| Éolienne | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | Total (personnes permanentes) | Gravité |
| E1 | 0,01 (terrains non aménagés) | 0,04 | Modéré |
| | 0,03 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E2 | 0,02 (terrains non aménagés) | 0,05 | Modéré |
| | 0,03 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E3 | 0,02 (terrains non aménagés) | 0,05 | Modéré |
| | 0,03 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E4 | 0,02 (terrains non aménagés) | 0,06 | Modéré |
| | 0,04 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E5 | 0,02 (terrains non aménagés) | 0,06 | Modéré |
| | 0,04 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |

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

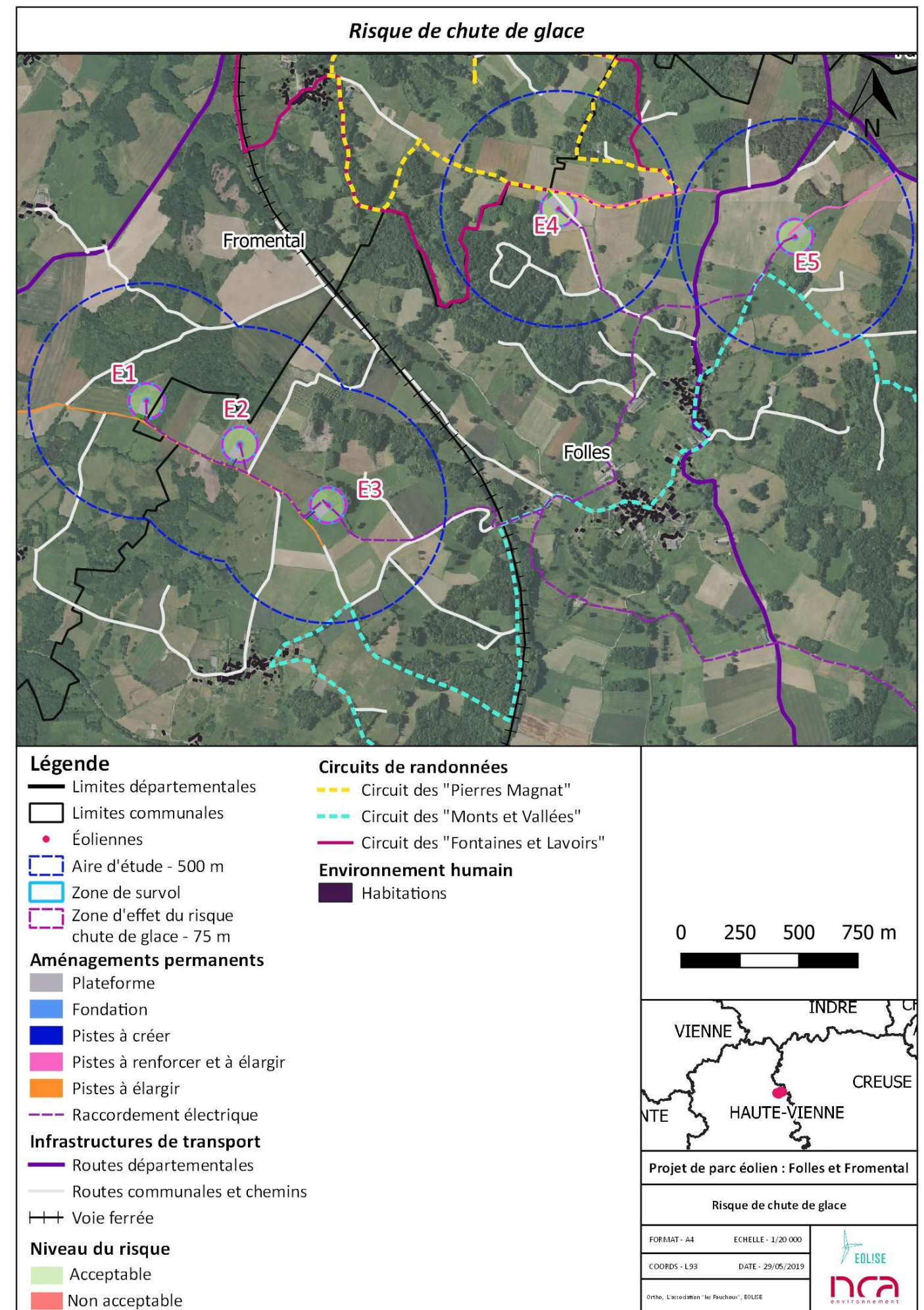
Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Folles, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 42 : Acceptabilité du scénario « Chute de glace »

| Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à un demi-diamètre de rotor en bout de pale : $D/2=75\text{ m}$) | | |
|--|---------|------------------|
| Éolienne | Gravité | Niveau de risque |
| E1 | Modéré | Acceptable |
| E2 | Modéré | Acceptable |
| E3 | Modéré | Acceptable |
| E4 | Modéré | Acceptable |
| E5 | Modéré | Acceptable |

Le phénomène de chute de glace d'une éolienne du parc de Folles constitue un risque acceptable pour les personnes.

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



VIII. 2. 3. Chute d'élément d'une éolienne

VIII. 2. 3. 1. Zone d'effet

La chute d'élément 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'élément.

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 (75 m)**.

VIII. 2. 3. 2. Intensité

Pour le phénomène de chute d'élément, 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'élément d'une éolienne dans le cas du parc de Folles.

Comme précédemment, d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de la pale ($R=74$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB=4,2$ m).

Tableau 43 : Intensité du scénario « Chute d'éléments »

| Chute d'élément d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à un demi-diamètre de rotor en bout de pale : $D/2=75$ m) | | | |
|--|--|--|--------------------|
| Zone d'impact Z_I (m ²) | Zone d'effet (Z_E) du phénomène étudié (m ²) | Degré d'exposition (d) du phénomène étudié (%) | Intensité |
| $Z_I = R \times LB/2$ | $Z_E = \pi \times (D/2)^2$ | $d = Z_I / Z_E$ | Exposition modérée |
| La zone d'impact est de 155,4 m ² . | La zone d'effet est de 17 203,4 m ² . | $d = 0,90\%$ | |

L'intensité du phénomène de chute d'élément est nulle au-delà de la zone de survol.

VIII. 2. 3. 3. Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. *paragraphe VIII. 1. 3*), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'élément, dans la zone de survol d'une éolienne :

Si le phénomène de chute d'élément engendre une zone d'exposition **modérée** :

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

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

Tableau 44 : Gravité du scénario « Chute d'élément »

| Chute d'élément d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à un demi-diamètre de rotor en bout de pale : $D/2=75$ m) | | | |
|--|---|-------------------------------|---------|
| Éolienne | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | Total (personnes permanentes) | Gravité |
| E1 | 0,01 (terrains non aménagés) | 0,04 | Modéré |
| | 0,03 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E2 | 0,02 (terrains non aménagés) | 0,05 | Modéré |
| | 0,03 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E3 | 0,02 (terrains non aménagés) | 0,05 | Modéré |
| | 0,03 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E4 | 0,02 (terrains non aménagés) | 0,06 | Modéré |
| | 0,04 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E5 | 0,02 (terrains non aménagés) | 0,06 | Modéré |
| | 0,04 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |

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.

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 » : « Évènement 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'évènement.

VIII. 2. 3. 5. Acceptabilité

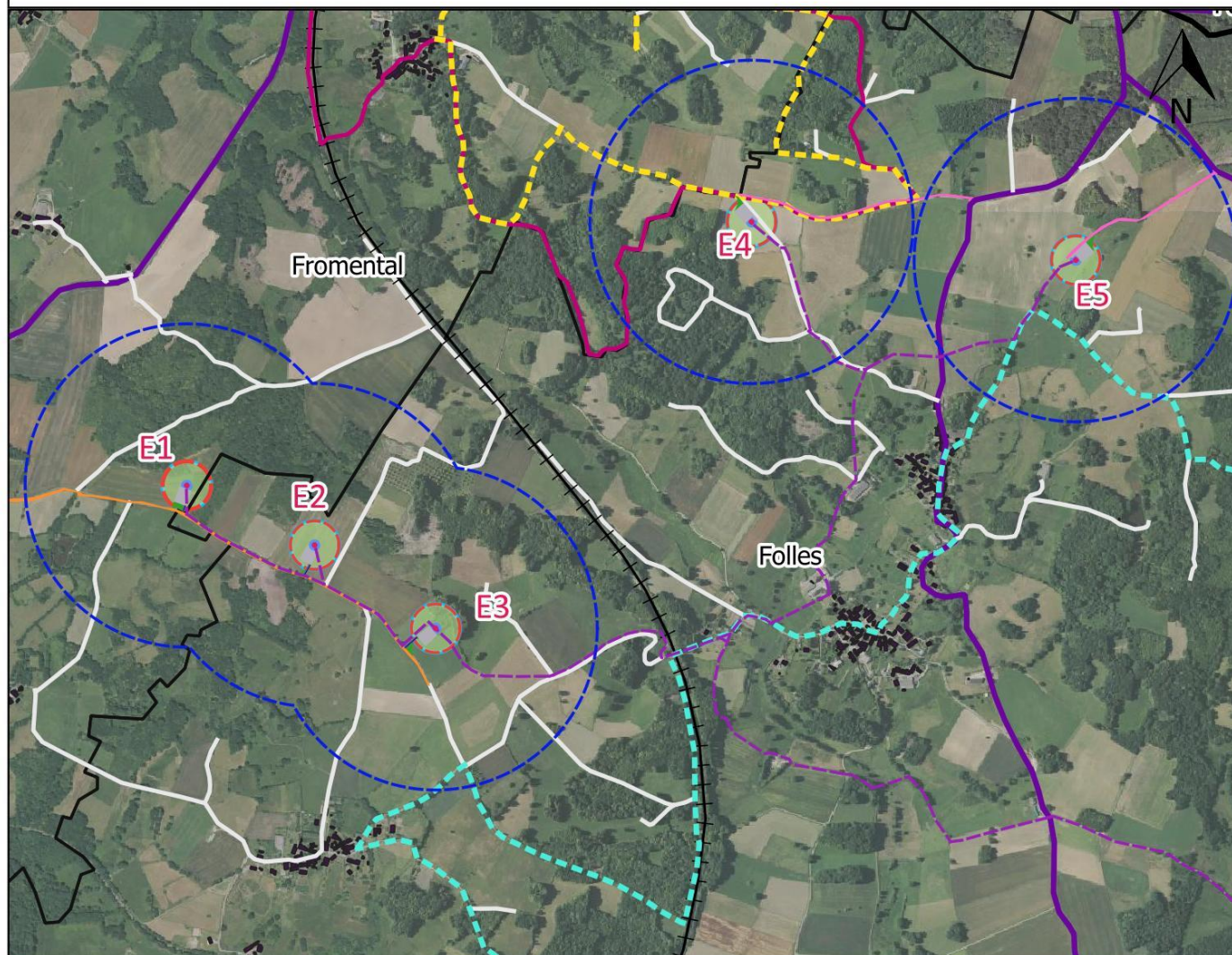
Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Folles, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 45 : Acceptabilité du scénario « Chute d'élément »

| Chute d'élément d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à un demi-diamètre de rotor en bout de pale : $D/2=75$ m) | | |
|--|---------|------------------|
| Éolienne | Gravité | Niveau de risque |
| E1 | Modéré | Acceptable |
| E2 | Modéré | Acceptable |
| E3 | Modéré | Acceptable |
| E4 | Modéré | Acceptable |
| E5 | Modéré | Acceptable |

Le phénomène de chute d'élément d'une éolienne du parc de Folles constitue un risque acceptable pour les personnes.

Risque de chute d'éléments de l'éolienne



Légende

- Limites départementales
- Limites communales
- Éoliennes
- Aire d'étude - 500 m
- Zone de survol
- Zone d'effet du risque chute éolienne - 75 m

Aménagements permanents

- Plateforme
- Fondation
- Pistes à créer
- Pistes à renforcer et à élargir
- Pistes à élargir
- Raccordement électrique

Infrastructures de transport

- Routes départementales
- Routes communales et chemins
- +++ Voie ferrée

Niveau du risque

- Acceptable
- Non acceptable

Circuits de randonnées

- Circuit des "Pierres Magnat"
- Circuit des "Monts et Vallées"
- Circuit des "Fontaines et Lavoirs"

Environnement humain

- Habitations

0 250 500 750 m

INDRE
VIENNE
CREUSE
HAUTE-VIENNE

Projet de parc éolien : Folles et Fromental

Risque de chute d'éléments de l'éolienne

FORMAT - A4 ECHELLE - 1/20 000
COORDS - L93 DATE - 29/05/2019

Ortho, L'association "Les Fauchoux", EOLISE

VIII. 2. 4. Projection de pale ou de fragments de pale

VIII. 2. 4. 1. Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en Annexe 4, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail précédemment mentionné pour une projection de fragment de pale est de 380 mètres par rapport au mât de l'éolienne.

On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures. L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité, car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne [3] (cf. Annexe 5).

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études [5] et [6] (cf. Annexe 7).

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

VIII. 2. 4. 2. Intensité

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

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

Comme précédemment, d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_e la zone d'effet, R la longueur de la pale (R = 74 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB = 4,2 m).

Tableau 46 : Intensité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale »

| Projection de pale ou de fragments de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne) | | | |
|---|--|--|--------------------|
| Zone d'impact Z _i (m ²) | Zone d'effet (Z _e) du phénomène étudié (m ²) | Degré d'exposition (d) du phénomène étudié (%) | Intensité |
| $Z_i = R \times LB/2$ | $Z_e = \pi \times 500^2$ | $d = Z_i / Z_e$ | Exposition modérée |
| La zone d'impact est de 155,4 m ² . | La zone d'effet est de 785 398 m ² . | d = 0,02% | |

VIII. 2. 4. 3. Gravité

En fonction de cette intensité, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de chaque éolienne :

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

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

Tableau 47 : Gravité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale »

| Projection de pale ou de fragments de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne) | | | |
|---|---|-------------------------------|---------|
| Éolienne | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | Total (personnes permanentes) | Gravité |
| E1 | 0,76 (terrains non aménagés) | 0,96 | Modéré |
| | 0,2 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E2 | 0,76 (terrains non aménagés) | 0,98 | Modéré |
| | 0,22 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E3 | 0,76 (terrains non aménagés) | 1,03 | Sérieux |
| | 0,23 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| | 0,04 (chemins de randonnées) | | |
| E4 | 0,77 (terrains non aménagés) | 1,41 | Sérieux |
| | 0,14 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| | 0,50 (chemins de randonnées) | | |
| E5 | 0,77 (terrains non aménagés) | 1,11 | Sérieux |
| | 0,18 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| | 0,16 (chemins de randonnées) | | |

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 48 : Valeurs de la littérature pour la probabilité de rupture de tout ou partie de pale

| Source | Fréquence | Justification |
|--|----------------------|---|
| Évaluation des risques spécifiques à un site pour un projet de parc éolien [4] | 1×10^{-6} | Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design |
| Guide de zonage des éoliennes basé sur les risques [5] | $1,1 \times 10^{-3}$ | Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001) |
| Spécification des distances minimales [6] | $6,1 \times 10^{-4}$ | Recherche internet des accidents entre 1996 et 2003 |

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

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

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « Évènement 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'évènement.

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 61400-1 ;
- Les dispositions des normes IEC 61400-24 et EN 62305-3 relatives à la foudre ;
- Système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- Système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations (un système adapté est installé en cas de risque cyclonique) ;
- Utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.).

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

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

VIII. 2. 4. 5. Acceptabilité

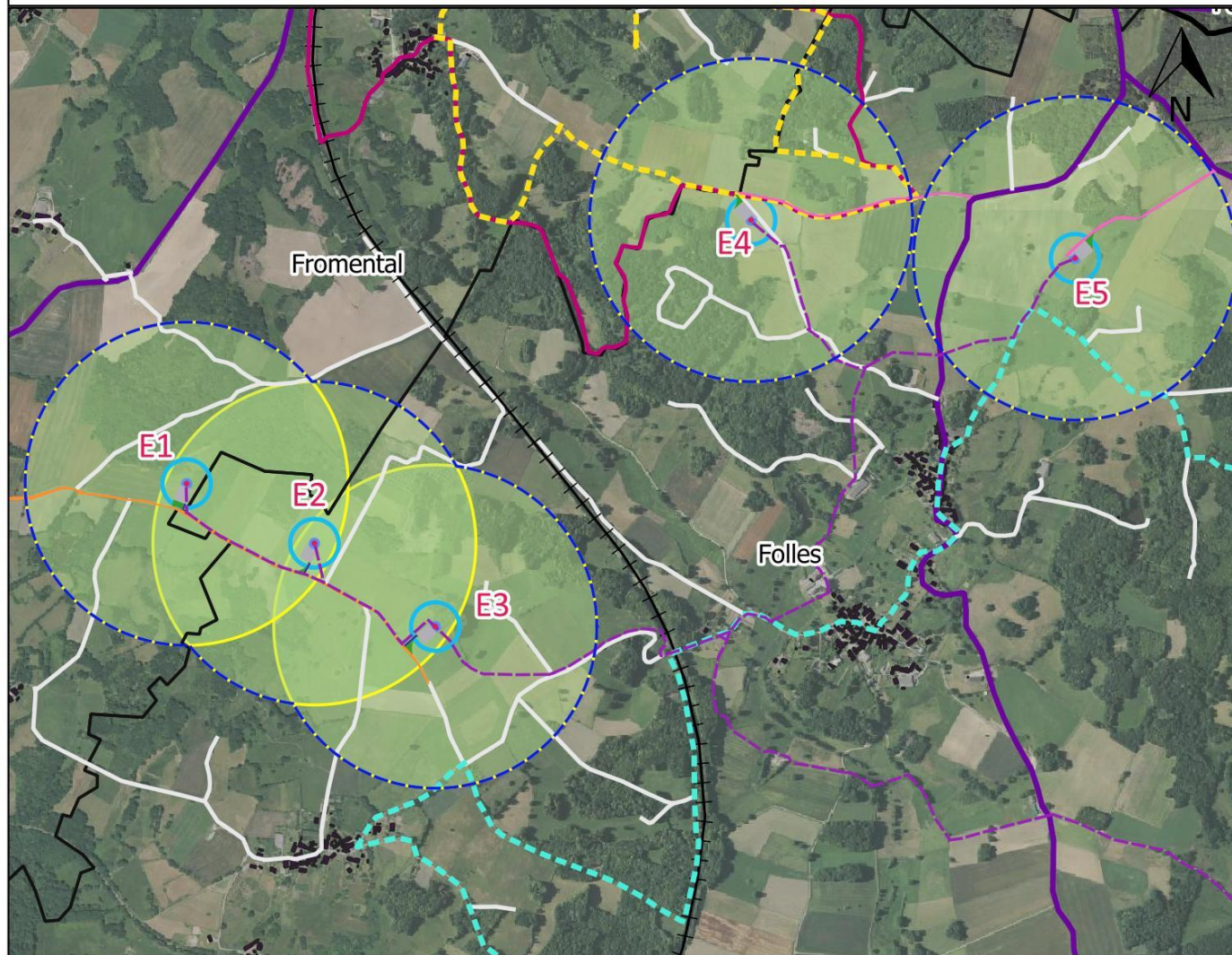
Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Folles, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 49 : Acceptabilité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale »

| Projection de pale ou de fragments de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne) | | |
|---|---------|------------------|
| Éolienne | Gravité | Niveau de risque |
| E1 | Modéré | Acceptable |
| E2 | Modéré | Acceptable |
| E3 | Sérieux | Acceptable |
| E4 | Sérieux | Acceptable |
| E5 | Sérieux | Acceptable |

Le phénomène de projection de tout ou partie de pale d'une éolienne du parc de Folles constitue un risque acceptable pour les personnes.

Risque de projection de pale ou de fragment de pale



| Légende | |
|---|--------------------------------------|
| — Limites départementales | — Circuits de randonnées |
| □ Limites communales | --- Circuit des "Pierres Magnat" |
| • Éoliennes | --- Circuit des "Monts et Vallées" |
| ○ Aire d'étude - 500 m | — Circuit des "Fontaines et Lavoirs" |
| □ Zone de survol | Environnement humain |
| □ Zone d'effet du risque projection de pale - 500 m | ■ Habitations |
| Aménagements permanents | |
| ■ Plateforme | |
| ■ Fondation | |
| ■ Pistes à créer | |
| ■ Pistes à renforcer et à élargir | |
| ■ Pistes à élargir | |
| --- Raccordement électrique | |
| Infrastructures de transport | |
| — Routes départementales | |
| — Routes communales et chemins | |
| +++ Voie ferrée | |
| Niveau du risque | |
| ■ Acceptable | |
| ■ Non acceptable | |

0 250 500 750 m



Projet de parc éolien : Folles et Fromental
Risque de projection de pale ou de fragment de pale

FORMAT - A4 ECHELLE - 1/20 000

COORDS - L93 DATE - 29/05/2019

Ortho, L'association "Le Faucheur", EOLISE



VIII. 2. 5. Projection de glace

VIII. 2. 5. 1. Zone d'effet

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [15] (cf. Annexe 7) propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

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

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures [17] (cf. Annexe 7). À défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace, soit une **distance de 412,5 m pour les aérogénérateurs**.

VIII. 2. 5. 2. Intensité

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

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien Folles. Comme précédemment, d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_e la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 74 m), Hm la hauteur au moyeu (Hm= 125 m) et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Tableau 50 : Intensité du scénario « Projection de glace »

| Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 1,5 x (Hm + 2R) autour de l'éolienne) | | | |
|--|---|--|--------------------|
| Zone d'impact Z _i (m ²) | Zone d'effet (Z _e) du phénomène étudié (m ²) | Degré d'exposition (d) du phénomène étudié (%) | Intensité |
| Z _i = SG La zone d'impact est de 1 m ² . | Z _e = π x (1,5 x (Hm + 2 x R)) ² La zone d'effet est de 526 814,5 m ² . | d = Z _i / Z _e d = 0,0002% | Exposition modérée |

VIII. 2. 5. 3. Gravité

En fonction de cette intensité, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

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

Il a été observé dans la littérature disponible [17] (cf. Annexe 7) qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. **La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.**

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

Tableau 51 : Gravité du scénario « Projection de glace »

| Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 1,5 x (H +2R) autour de l'éolienne) | | | |
|--|---|-------------------------------|---------|
| Éolienne | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | Total (personnes permanentes) | Gravité |
| E1 | 0,52 (terrains non aménagés) | 0,65 | Modéré |
| | 0,12 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E2 | 0,52 (terrains non aménagés) | 0,65 | Modéré |
| | 0,13 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E3 | 0,51 (terrains non aménagés) | 0,67 | Modéré |
| | 0,16 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| E4 | 0,52 (terrains non aménagés) | 0,99 | Modéré |
| | 0,11 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| | 0,36 (chemins de randonnées) | | |
| E5 | 0,52 (terrains non aménagés) | 0,78 | Modéré |
| | 0,14 (terrains aménagés peu fréquentés) | | |
| | 0,11 (chemins de randonnées) | | |

VIII. 2. 5. 4. 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 » : « Évènement probable » est proposé pour cet évènement.

VIII. 2. 5. 5. 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.

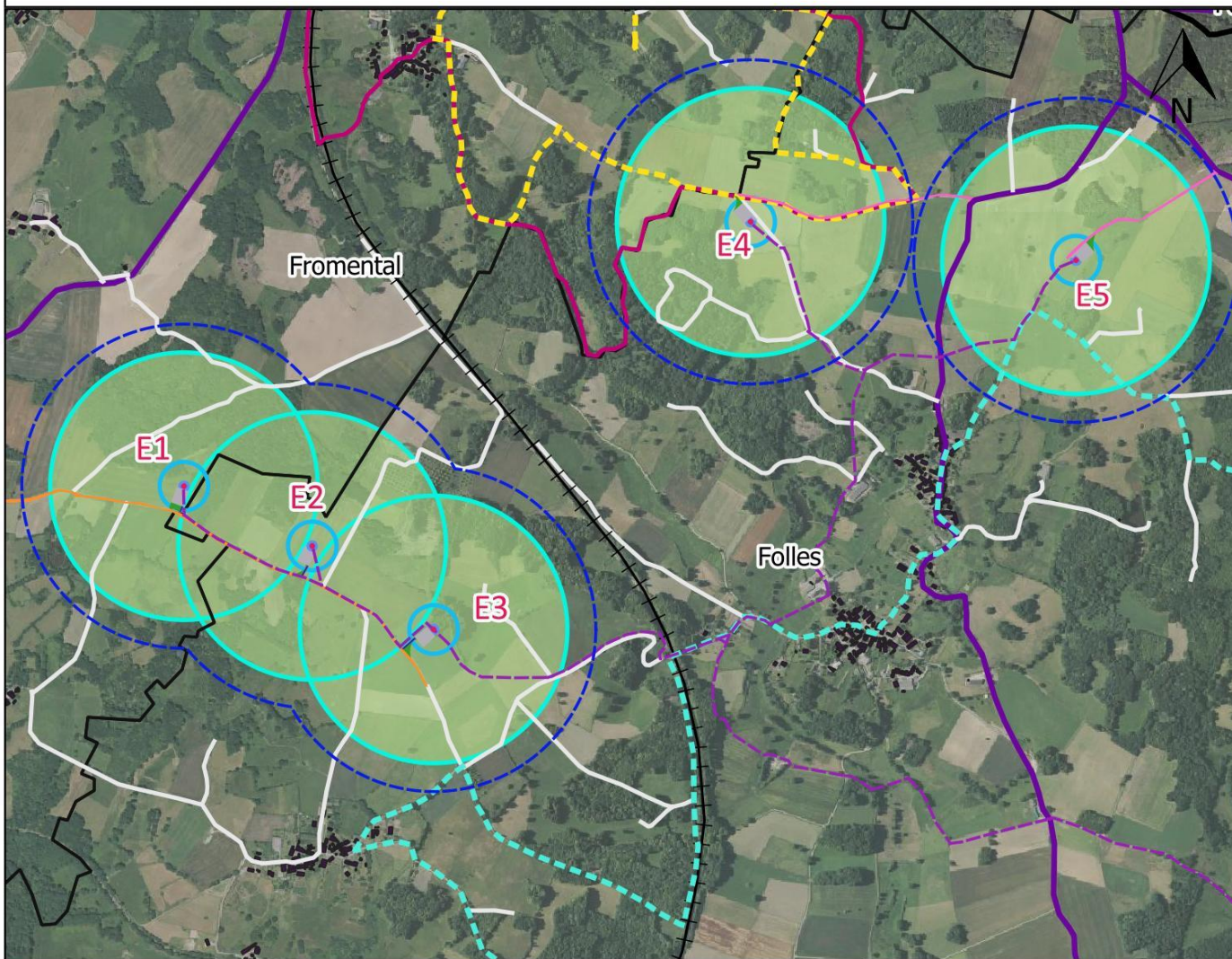
Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Folles, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 52 : Acceptabilité du scénario « Projection de glace »

| Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 1,5 x (H +2R) autour de l'éolienne) | | |
|--|---------|------------------|
| Éolienne | Gravité | Niveau de risque |
| E1 | Modéré | Acceptable |
| E2 | Modéré | Acceptable |
| E3 | Modéré | Acceptable |
| E4 | Modéré | Acceptable |
| E5 | Modéré | Acceptable |

Le phénomène de projection de glace depuis une éolienne du parc de Folles constitue un risque acceptable pour les personnes.

Risque de projection de glace



Légende

- Limites départementales
- Limites communales
- Éoliennes
- Aire d'étude - 500 m
- Zone de survol
- Zone d'effet du risque projection de glace - 412,5 m

Aménagements permanents

- Plateforme
- Fondation
- Pistes à créer
- Pistes à renforcer et à élargir
- Pistes à élargir
- Raccordement électrique

Infrastructures de transport

- Routes départementales
- Routes communales et chemins
- ⊢ Voie ferrée

Niveau du risque

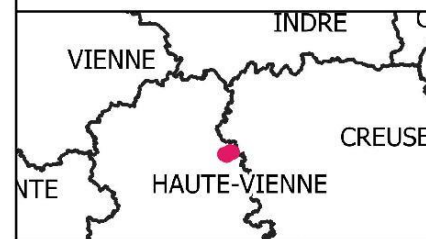
- Acceptable
- Non acceptable

Circuits de randonnées

- Circuit des "Pierres Magnat"
- Circuit des "Monts et Vallées"
- Circuit des "Fontaines et Lavoirs"

Environnement humain

- Habitations



Projet de parc éolien : Folles et Fromental

Risque de projection de glace

FORMAT - A4 ECHELLE - 1/20 000

COORDS - L93 DATE - 29/05/2019

Ortho, L'association "Les Fauchoux", EOLISE



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

VIII. 3. 1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

Tableau 53 : Synthèse des scénarios étudiés

| Scénario | Zone d'effet | Cinétique | Intensité | Probabilité | Gravité |
|--|--|-----------|--------------------|---------------------------------|--|
| Effondrement d'une éolienne | 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) | Modéré |
| Chute de glace | Zone de survol (rayon de 75 m) | Rapide | Exposition modérée | A | Modéré |
| Chute d'élément d'une éolienne | Zone de survol (rayon de 75 m) | Rapide | Exposition modérée | C | Modéré |
| Projection de pale ou de fragments de pale | 500 m autour de l'éolienne | Rapide | Exposition modérée | D (pour des éoliennes récentes) | Modéré pour E1 et E2 et sérieux pour E3 à E5 |
| Projection de glace | 412,5 m autour de l'éolienne | Rapide | Exposition modérée | B | Modéré |

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 ci-dessus sera utilisée. Le classement des scénarios étudiés y a été intégré.

Tableau 54 : Matrice de criticité

| Conséquence | Classe de probabilité | | | | |
|----------------|-----------------------|--|--------------------------------|---------------------|----------------|
| | E | D | C | B | A |
| Désastreux | | | | | |
| Catastrophique | | | | | |
| Important | | | | | |
| Sérieux | | Projection de pale ou de fragments de pale pour E3 à E5 | | | |
| Modéré | | Effondrement d'une éolienne ; Projection de pale ou de fragments de pale pour E1 et E2 | Chute d'élément d'une éolienne | Projection de glace | Chute de glace |

Légende de la matrice :

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

Au regard de la matrice ainsi complétée, il s'avère que :

- Aucun accident ne possède un niveau de risque important.
- 1 accident possède un risque faible (chute de glace). Pour ces derniers, il convient de souligner que le choix d'aérogénérateurs de technologie récente et les fonctions de sécurité détaillées dans le *paragraphe VII. 6* sont mises en œuvre et suffisent à rendre le risque acceptable.

VIII. 3. 3. Cartographie des risques

Une cartographie de synthèse des risques est proposée pour chaque aérogénérateur. Elle met en évidence les éléments suivants :

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

Synthèse des risques - Éolienne E1

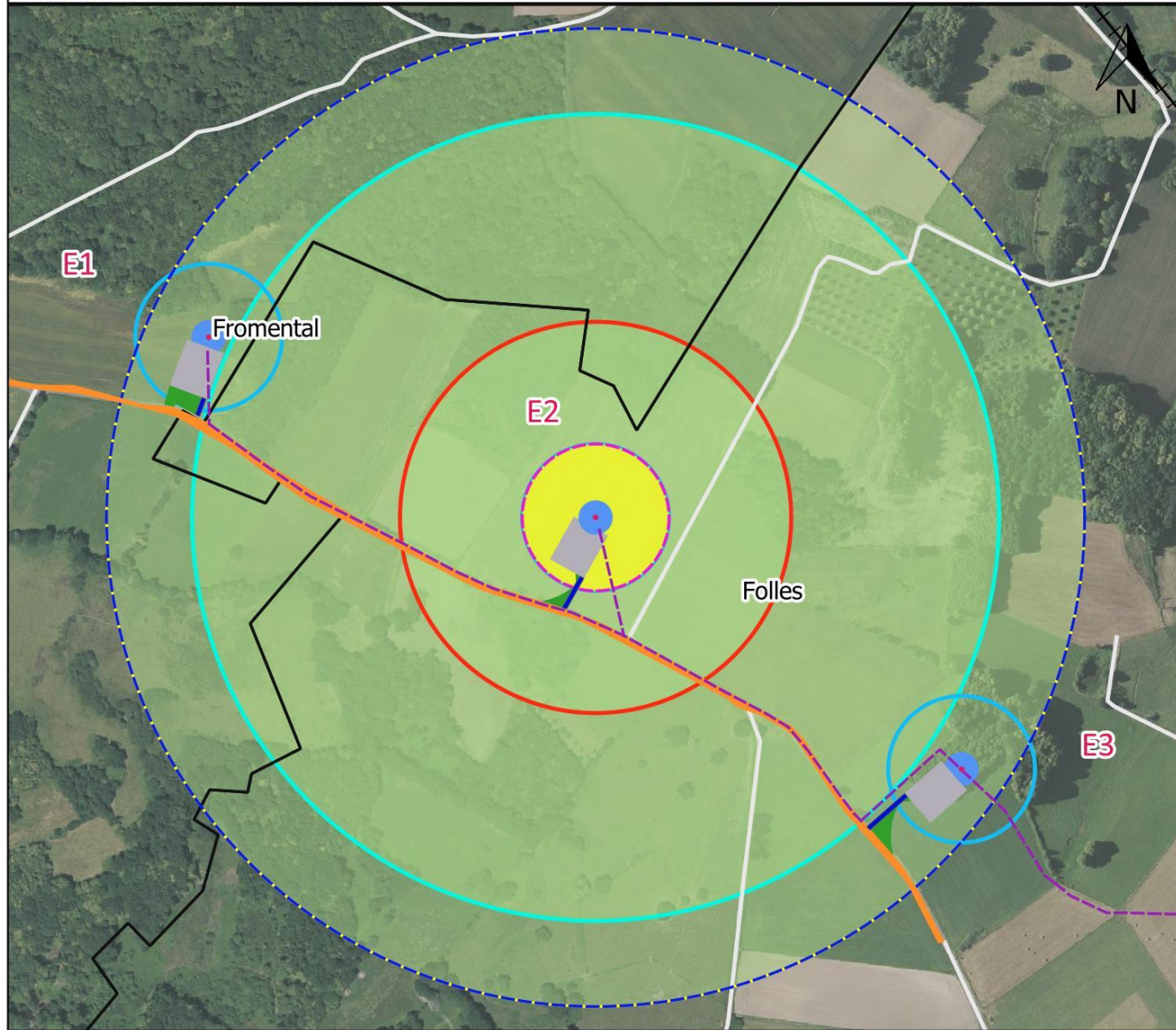


| | | |
|---|--|---|
| <p>Légende</p> <ul style="list-style-type: none"> Limites communales Éoliennes Aire d'étude - 500 m Zone de survol <p>Aménagements</p> <ul style="list-style-type: none"> Plateforme Fondation Virages Pistes à créer Pistes à élargir Raccordement électrique <p>Niveau du risque</p> <ul style="list-style-type: none"> Acceptable - très faible Acceptable - faible Non acceptable - important | <p>Réseau routier</p> <ul style="list-style-type: none"> Routes départementales Routes communales et chemins <p>Zones d'effet des risques</p> <ul style="list-style-type: none"> Risque chute de glace - 75 m Risque chute d'éléments - 75 m Risque effondrement - 200 m Risque projection de glace - 412,5 m Risque projection de pale - 500 m | <p>0 100 200 m</p> <p>VIENNE INDRE NTE HAUTE-VIENNE CREUSE</p> <p>Projet de parc éolien : Folles et Fromental</p> <p>Synthèse des risques - Éolienne E1</p> <p>FORMAT - A4 ECHELLE - 1/6300 COORDS - L93 DATE - 10/06/2019 Ortho, DDT87, EOLISE</p> |
|---|--|---|

Tableau 55 : Récapitulatif des risques étudiés

| E1 | Effondrement | Chute de glace | Chute d'éléments | Projection de pale | Projection de glace |
|---|---------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Zone d'effet (m) | 200 m | 75 m | 75 m | 500 m | 412,5 m |
| Nombre de personnes permanentes exposées | 0,18 | 0,04 | 0,04 | 0,96 | 0,65 |
| Niveau d'intensité | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée |
| Gravité | Modéré | Modéré | Modéré | Modéré | Modéré |
| Acceptabilité et niveau du risque | Acceptable Très faible | Acceptable Faible | Acceptable Très faible | Acceptable Très faible | Acceptable Très faible |

Synthèse des risques - Éolienne E2



Légende

— Limites communales

• Éoliennes

--- Aire d'étude - 500 m

--- Zone de survol

Aménagements

■ Plateforme

■ Fondation

■ Virages

■ Pistes à créer

■ Pistes à élargir

--- Raccordement électrique

Niveau du risque

■ Acceptable - très faible

■ Acceptable - faible

■ Non acceptable - important

Réseau routier et ferré

— Routes communales et chemins

— Voie ferrée

Zones d'effet des risques

■ Risque chute de glace - 75 m

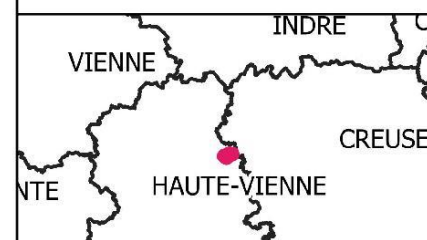
■ Risque chute d'éléments - 75 m

■ Risque effondrement - 200 m

■ Risque projection de glace - 412,5 m

■ Risque projection de pale - 500 m

0 100 200 m



Projet de parc éolien : Folles et Fromental

Synthèse des risques - Éolienne E2

FORMAT - A4 ECHELLE - 1/6300

COORDS - L93 DATE - 10/06/2019

Ortho, DDT87, EOLISE



Tableau 56 : Récapitulatif des risques étudiés

| E2 | Effondrement | Chute de glace | Chute d'éléments | Projection de pale | Projection de glace |
|---|---------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Zone d'effet (m) | 200 m | 75 m | 75 m | 500 m | 412,5 m |
| Nombre de personnes permanentes exposées | 0,20 | 0,05 | 0,05 | 0,98 | 0,65 |
| Niveau d'intensité | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée |
| Gravité | Modéré | Modéré | Modéré | Modéré | Modéré |
| Acceptabilité et niveau du risque | Acceptable Très faible | Acceptable Faible | Acceptable Très faible | Acceptable Très faible | Acceptable Très faible |

Synthèse des risques - Éolienne E3



Légende

— Limites communales

• Éoliennes

--- Aire d'étude - 500 m

— Zone de survol

Aménagements

■ Plateforme

■ Fondation

■ Virages

■ Pistes à créer

■ Pistes à élargir

--- Raccordement électrique

Niveau du risque

■ Acceptable - très faible

■ Acceptable - faible

■ Non acceptable - important

Réseau routier et ferré

— Routes communales et chemins

— Voie ferrée

Chemin de randonnée

--- Circuit des "Monts et Vallées"

Zones d'effet des risques

■ Risque chute de glace - 75 m

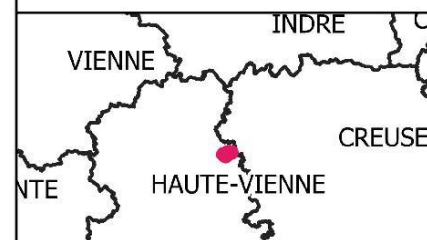
■ Risque chute d'éléments - 75 m

■ Risque effondrement - 200 m

■ Risque projection de glace - 412,5 m

■ Risque projection de pale - 500 m

0 100 200 m



Projet de parc éolien : Folles et Fromental

Synthèse des risques - Éolienne E3

FORMAT - A4 ECHELLE - 1/6300

COORDS - L93 DATE - 10/06/2019

Ortho, DDT87, EOLISE



Tableau 57 : Récapitulatif des risques étudiés

| E3 | Effondrement | Chute de glace | Chute d'éléments | Projection de pale | Projection de glace |
|--|------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Zone d'effet (m) | 200 m | 75 m | 75 m | 500 m | 412,5 m |
| Nombre de personnes permanentes exposées | 0,18 | 0,05 | 0,05 | 1,03 | 0,67 |
| Niveau d'intensité | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée |
| Gravité | Modéré | Modéré | Modéré | Sérieux | Modéré |
| Acceptabilité et niveau du risque | Acceptable Très faible | Acceptable Faible | Acceptable Très faible | Acceptable Très faible | Acceptable Très faible |

Synthèse des risques - Éolienne E4

Tableau 58 : Récapitulatif des risques étudiés

| E4 | Effondrement | Chute de glace | Chute d'éléments | Projection de pale | Projection de glace |
|--|------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Zone d'effet (m) | 200 m | 75 m | 75 m | 500 m | 412,5 m |
| Nombre de personnes permanentes exposées | 0,26 | 0,06 | 0,06 | 1,41 | 0,99 |
| Niveau d'intensité | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée |
| Gravité | Modéré | Modéré | Modéré | Sérieux | Modéré |
| Acceptabilité et niveau du risque | Acceptable Très faible | Acceptable Faible | Acceptable Très faible | Acceptable Très faible | Acceptable Très faible |



Légende

- Limites communales
- Éoliennes
- Aire d'étude - 500 m
- Zone de survol

Aménagements

- Plateforme
- Fondation
- Virages
- Pistes à renforcer et à élargir
- Raccordement électrique

Infrastructures de transport

- Routes départementales
- Routes communales et chemins

Niveau du risque

- Acceptable - très faible
- Acceptable - faible
- Non acceptable - important

Circuits de randonnées

- Circuit des "Pierres Magnat"
- Circuit des "Fontaines et Lavoirs"

Zones d'effet des risques

- Risque chute de glace - 75 m
- Risque chute d'éléments - 75 m
- Risque effondrement - 200 m
- Risque projection de glace - 412,5 m
- Risque projection de pale - 500 m

0 100 200 m

VIENNE INDRE
NTE HAUTE-VIENNE CREUSE

Projet de parc éolien : Folles et Fromental

Synthèse des risques - Éolienne E4

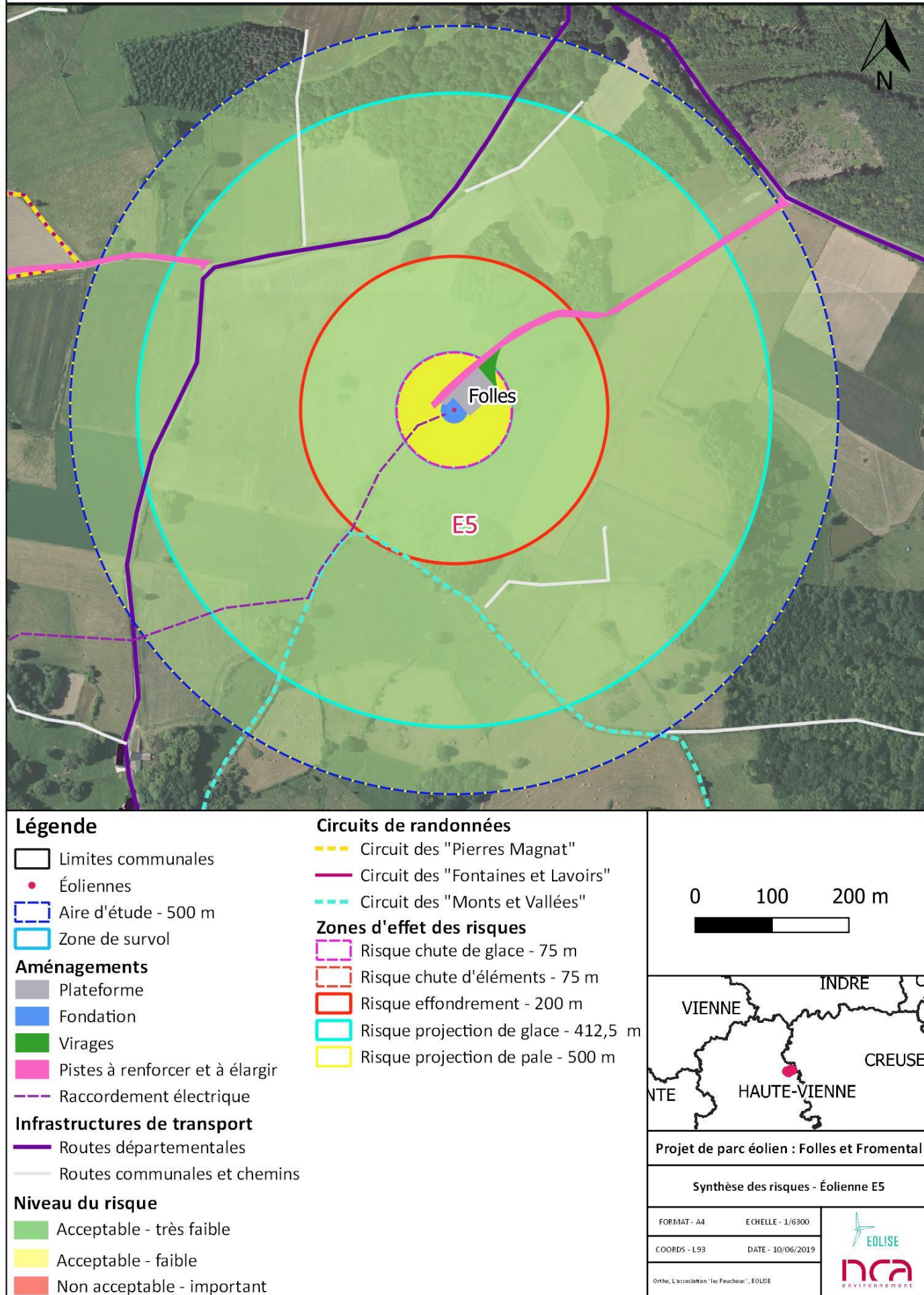
FORMAT - A4 ECHELLE - 1/6300
COORDS - L93 DATE - 10/06/2019

Orthe, L'association 'Les Fauchons', EOLISE

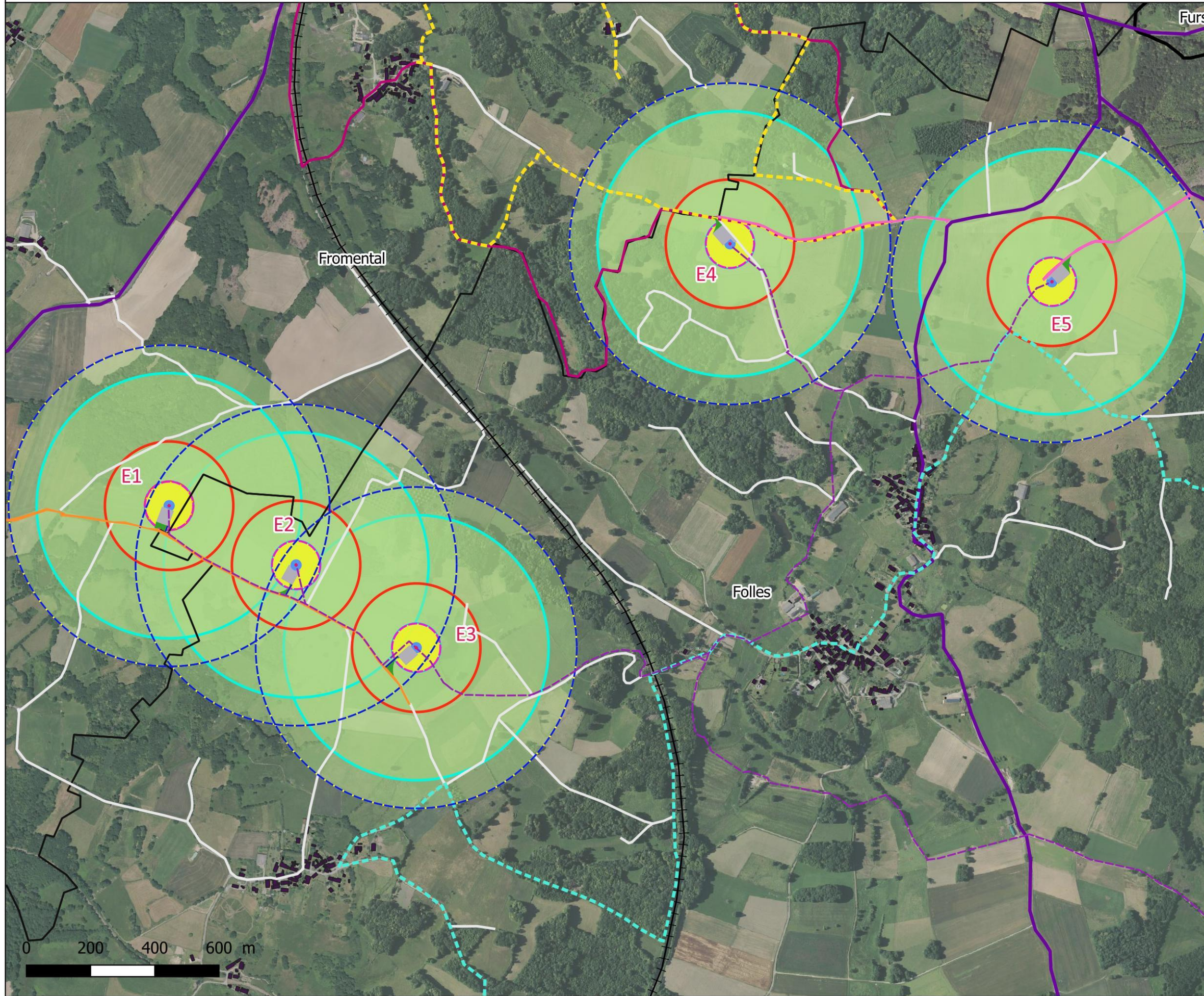
Synthèse des risques - Éolienne E5

Tableau 59 : Récapitulatif des risques étudiés

| E5 | Effondrement | Chute de glace | Chute d'éléments | Projection de pale | Projection de glace |
|---|---------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Zone d'effet (m) | 200 m | 75 m | 75 m | 500 m | 412,5 m |
| Nombre de personnes permanentes exposées | 0,19 | 0,06 | 0,06 | 1,11 | 0,78 |
| Niveau d'intensité | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée |
| Gravité | Modéré | Modéré | Modéré | Sérieux | Modéré |
| Acceptabilité et niveau du risque | Acceptable Très faible | Acceptable Faible | Acceptable Très faible | Acceptable Très faible | Acceptable Très faible |



Synthèse des risque du projet éolien de Folles



- Légende**
- Éoliennes
 - Aire d'étude - 500 m
 - Zone de survol
 - Limites administratives**
 - Limites communales
 - Limites départementales
 - Aménagements**
 - Plateforme
 - Fondation
 - Virages
 - Pistes à créer
 - Pistes à renforcer et à élargir
 - Pistes à élargir
 - Raccordement électrique
 - Infrastructures de transport**
 - Routes départementales
 - Routes communales et chemins
 - Voie ferrée
 - Circuits de randonnées**
 - Circuit des "Pierres Magnat"
 - Circuit des "Fontaines et Lavoirs"
 - Circuit des "Monts et Vallées"
 - Zones d'effet des risques**
 - Risque chute de glace - 75 m
 - Risque chute d'éléments - 75 m
 - Risque effondrement - 200 m
 - Risque projection de glace - 412,5 m
 - Risque projection de pale - 500 m
 - Niveau du risque**
 - Acceptable - très faible
 - Acceptable - faible
 - Non acceptable - important



| | |
|--|--------------------|
| Projet de parc éolien : Folles et Fromental | |
| Synthèse des risque du projet éolien de Folles | |
| FORMAT - A3 | ECHELLE - 1/12 000 |
| COORDS - L93 | DATE - 04/07/2019 |
| © BD_ Ortho, L'association "Les Fauchoux", EOLISE | |
|   | |

IX. CONCLUSION

L'étude de dangers a permis de recenser l'ensemble des infrastructures et des activités présentes dans l'aire d'étude, définie dans un rayon de 500 m des éoliennes, ainsi que de rendre compte de la démarche de conception du projet de parc éolien, et d'analyse des différents risques engendrés.

Ainsi, parmi les principaux accidents majeurs identifiés, les scénarios retenus pour l'étude détaillée des risques sont :

- L'**effondrement d'une éolienne**, dont la probabilité d'occurrence est faible et la gravité sérieuse ;
- La **chute de glace**, dont la probabilité d'occurrence est fréquente et la gravité modérée ;
- La **chute d'élément d'une éolienne**, dont la probabilité d'occurrence et la gravité sont modérées ;
- La **projection de pale ou de fragments de pale**, dont la probabilité d'occurrence est faible et la gravité modérée à sérieuse ;
- La **projection de glace**, dont la probabilité d'occurrence est importante et la gravité modérée.

Comme le montre la carte précédente, aucun accident ne possède un niveau de risque important. Les résultats obtenus indiquent que les niveaux de risque de tous les scénarios sont très faibles à faibles et considérés « acceptables ». Les zones d'effet sont limitées à un rayon maximal de 500 m (projection de pale). Aucune habitation ou activité n'est impactée.

Un ensemble de mesures de sécurité sera mis en œuvre par l'exploitant du parc éolien de Folles, afin de prévenir, voire limiter les conséquences de ces accidents potentiels :

- Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace
- Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace
- Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques
- Prévenir la survitesse
- Prévenir les courts-circuits
- Prévenir les effets de la foudre
- Protection et intervention incendie
- Prévention et rétention des fuites
- Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation)
- Prévenir les erreurs de maintenance
- Prévenir la dégradation de l'état des équipements
- Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort

Ces mesures de sécurité sont suffisantes pour garantir un risque acceptable pour l'ensemble des phénomènes dangereux retenus.

Cette étude de dangers a donc démontré que l'exploitation du parc éolien de Folles, réalisée dans le respect de la réglementation en vigueur, et notamment l'arrêté du 26 août 2011, présente des risques globalement très faibles, limités et acceptables.

X. RESUME NON TECHNIQUE

Le résumé non technique de la présente étude de dangers est présenté dans le Volume 4a du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale.

ANNEXES

| | |
|---|------------|
| <i>Annexe 1 : GLOSSAIRE.....</i> | <i>84</i> |
| <i>Annexe 2 : ABRÉVIATIONS & SIGLES.....</i> | <i>86</i> |
| <i>Annexe 3 : MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ POTENTIELLE D'UN ACCIDENT À PROXIMITÉ D'UNE ÉOLIENNE.....</i> | <i>87</i> |
| <i>Annexe 4 : TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE.....</i> | <i>89</i> |
| <i>Annexe 5 : SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES.....</i> | <i>97</i> |
| <i>Annexe 6 : PROBABILITÉ D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL.....</i> | <i>99</i> |
| <i>Annexe 7 : BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES.....</i> | <i>100</i> |

Annexe 1 : GLOSSAIRE

Afin de faciliter la compréhension du présent dossier, le lecteur dispose ici des définitions des principaux termes techniques employés. La majorité des définitions provient de la circulaire du 10 mai 2010, présentée en début d'étude.

- **ACCIDENT :**
Évènement 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 de cibles vulnérables exposées aux effets de ce phénomène.
- **AÉROGÉNÉRATEUR :**
Système complet permettant de convertir l'énergie mécanique du vent en énergie électrique (synonyme : éolienne, turbine), composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.
- **CINÉTIQUE :**
Vitesse d'enchaînement des évènements constituant une séquence accidentelle, de l'évènement 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 :**
Propriété intrinsèque à une substance, à un système technique, à une disposition, à un organisme, 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).
- **EFFETS D'UN PHÉNOMÈNE DANGEREUX :**
Caractéristiques des phénomènes physiques, chimiques, associés à un phénomène dangereux concerné : flux thermique, concentration toxique, surpression, etc.
- **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.
- **ÉNERGIES RENOUVELABLES :**
Énergies primaires inépuisables à très long terme, car issues directement de phénomènes naturels, réguliers ou constants, liés à l'énergie du soleil, de la terre ou de la gravitation. Elles sont également plus « propres » que les énergies issues de sources fossiles (moins d'émissions de CO₂ et de pollution). Les principales énergies renouvelables sont : l'énergie hydroélectrique, l'énergie éolienne, l'énergie de biomasse, l'énergie solaire, la géothermie, les énergies marines.
- **ÉVÈNEMENT INITIATEUR (OU CAUSE) :**
Évènement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'évènement redouté central dans l'enchaînement causal, et qui constitue une cause directe dans les cas simples, ou une combinaison d'évènements à l'origine de cette cause directe.
- **ÉVÈNEMENT REDOUTÉ CENTRAL (ERC) :**
Évènement 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 évènements situés en amont sont conventionnellement appelés « phase pré-accidentelle » et les évènements situés en aval « phase post-accidentelle ».
- **FONCTION DE SECURITE :**
Fonction ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un évènement 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.
- **GRAVITE :**
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.
- **INDEPENDANCE D'UNE MESURE DE MAITRISE 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.
- **INTENSITE DES EFFETS D'UN PHENOMENE 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.
- **MAÎTRE D'OUVRAGE :**
Personne physique ou morale, publique ou privée, pour le compte de laquelle l'ouvrage est réalisé. Il peut également être appelé « pétitionnaire » ou « porteur de projet ».
- **MÉGAWATT (MW), KILOWATT (kW) :**
Unité de mesure de puissance ou de flux énergétique : quantité d'énergie consommée ou produite par unité de temps (1 MW = 1 000 kW). Un watt équivaut à un transfert d'énergie d'un joule par seconde.
- **MÉGAWATTHEURE (MWh), KILOWATTHEURE (kWh) :**
Unité de mesure de l'énergie électrique consommée ou produite pendant 1 heure (1 MWh = 1 000 kWh).
- **MESURE DE MAITRISE DES RISQUES MMR (OU BARRIERE DE SECURITE) :**
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 évènement 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.

- **PHENOMENE DANGEREUX :**
Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005, susceptibles d'infliger un dommage à des enjeux (ou éléments vulnérables) vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières. C'est une « source potentielle de dommages ».
- **POSTE DE LIVRAISON (ou STRUCTURE DE LIVRAISON) :**
Point de raccordement du parc éolien au réseau de distribution de l'électricité, constituant la limite entre le réseau interne (privé) et le réseau externe (public).
- **POSTE DE RACCORDEMENT :**
Poste électrique sur lequel se réalise la livraison du courant, au lieu d'être effectuée sur une ligne électrique, afin de ne pas perturber le réseau électrique (synonyme : poste source).
- **POTENTIEL DE DANGER (ou « source de danger », ou « élément dangereux », ou « élément porteur de danger ») :**
Système (naturel ou créé par l'homme) ou disposition adoptée et comportant un (ou plusieurs) « danger(s) » ; dans le domaine des risques technologiques, un « potentiel de danger » correspond à un ensemble technique nécessaire au fonctionnement du processus envisagé.
- **PREVENTION :**
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.
- **PROBABILITE 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).
- **REDUCTION DU RISQUE :**
Actions entreprises en vue de diminuer la probabilité, les conséquences négatives (ou dommages), associés à un risque, ou les deux. [FD ISO/CEI Guide 73]. Cela peut être fait par le biais de chacune des trois composantes du risque, la probabilité, l'intensité et la vulnérabilité :
 - Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité
 - Réduction de l'intensité :
 - par action sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des vitesses de rotation, etc.
 - réduction des dangers : la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation
 La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source ».
 - Réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, ou par des plans d'urgence).
- **RISQUE :**
« Combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences » (ISO/CEI73), « Combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité » (ISO/CEI 51).
- **SCENARIO D'ACCIDENT (MAJEUR) :**
Enchaînement d'événements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse de risque. En général, plusieurs scénarios peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant de scénarios qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarios d'accident obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse de risque utilisées et des éléments disponibles.
- **TEMPS DE RÉPONSE (pour une mesure de maîtrise des risques) :**
Intervalle de temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la mission/fonction de sécurité. Ce temps de réponse est inclus dans la cinétique de mise en œuvre d'une fonction de sécurité, cette dernière devant être en adéquation [significativement plus courte] avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser.
- **SURVITESSE :**
Vitesse de rotation des parties tournantes (rotor constitué du moyeu et des pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur).

Annexe 2 : ABRÉVIATIONS & SIGLES

Afin de faciliter la compréhension du présent dossier, le lecteur dispose ici de la signification des principales abréviations utilisées.

| | | | |
|--------|--|-----|------------------------------|
| ADEME | Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie | VFR | Visual flight rules |
| AEP | Alimentation en Eau Potable | ZDE | Zone de Développement Éolien |
| APR | Analyse Préliminaire des Risques | | |
| ARS | Agence Régionale de Santé | | |
| BRGM | Bureau de Recherches Géologiques et Minières | | |
| DDAE | Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale | | |
| DDRM | Dossier Départemental des Risques Majeurs | | |
| DDT | Direction Départementale des Territoires | | |
| DGEC | Direction Générale de l'Énergie et du Climat | | |
| DREAL | Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement | | |
| EDD | Étude De Dangers | | |
| ERP | Établissement Recevant du Public | | |
| FEE | France Energie Éolienne (branche éolienne du SER) | | |
| ICPE | Installation Classée pour la Protection de l'Environnement | | |
| IFR | Instrument flight rules | | |
| IGN | Institut Géographique National | | |
| INB | Installation Nucléaire de Base | | |
| INERIS | Institut National de l'Environnement industriel et des RISques | | |
| MEDDE | Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (2012-2014) | | |
| MEEDDM | Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer (2007-2010) | | |
| MEDDTL | Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (2010-2012) | | |
| MEEM | Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (2016-2017) | | |
| MTES | Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (auj.) | | |
| PDIPR | Plan Départemental des Itinéraires de Promenades et de Randonnées | | |
| PDL | Poste de livraison | | |
| PLU | Plan Local d'Urbanisme | | |
| PPRI | Plan de Prévention des Risques Inondations | | |
| PPRN | Plan de Prévention des Risques Naturels | | |
| PPRT | Plan de Prévention des Risques Technologiques | | |
| SDIS | Service Départemental d'Intervention et de Secours | | |
| SER | Syndicat des Energies Renouvelables | | |
| SRE | Schéma Régional Éolien | | |
| TMJA | Trafic Moyen Journalier Annuel | | |

Annexe 3 : 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 (*paragraphe III. 4*), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

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

TERRAINS NON BÂTIS

Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter **1 personne par tranche de 100 ha**.

Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) : compter **1 personne par tranche de 10 hectares**.

Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport (sans gradin néanmoins...)) : compter la capacité du terrain et **a minima 10 personnes à l'hectare**.

VOIES DE CIRCULATION

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

- **Voies de circulation automobiles**

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

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

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

- **Voies ferroviaires**

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

- **Voies navigables**

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

- **Chemins et voies piétonnes**

Les chemins et voies piétonnes ne sont pas à prendre en compte, sauf pour les chemins de randonnée, car les personnes les fréquentant sont généralement déjà comptées comme habitants ou salariés exposés.

Pour les chemins de promenade, de randonnée : compter **2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour** en moyenne.

LOGEMENTS

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

ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC

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.

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

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

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

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

ZONES D'ACTIVITÉ

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

Annexe 4 : TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Les dernières lignes (en jaune) ont été ajoutées suite à la **consultation en juin 2019 de la base de données ARIA**. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et mi-2018. L'analyse de ces données est présentée dans le *paragraphe VI* de la présente étude de dangers.

| Type d'accident | Date | Nom du parc / Commune | 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 | N° ARIA | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|-----------------|---------------|--------------------------------|---------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|--|--|---------|---|
| Effondrement | Novembre 2000 | Port la Nouvelle | Aude | 0,5 | 1993 | Non | Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête). | Tempête avec foudre répétée | Rapport du CGM Site Vent de Colère | - | - |
| Rupture de pale | 2001 | Sallèles-Limousis | Aude | 0,75 | 1998 | Non | Bris de pales en bois (avec inserts) | ? | Site Vent de Colère | - | Information peu précise |
| Effondrement | 01/02/2002 | Wormhout | Nord | 0,4 | 1997 | Non | Brise d'hélice et mât plié | Tempête | Rapport du CGM Site Vent de Colère | - | - |
| Maintenance | 01/07/2002 | Port la Nouvelle - Sigean | Aude | 0,66 | 2000 | Oui | Grave électrisation avec brûlures d'un technicien | Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique. | Rapport du CGM | - | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Effondrement | 28/12/2002 | Névian - Grande Garrigue | Aude | 0,85 | 2002 | Oui | Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage | Tempête + dysfonctionnement du système de freinage | Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre) | 42882 | - |
| 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) | 26119 | - |
| 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) | 29388 | - |
| Rupture de pale | 22/06/2004 | Pleyber-Christ - Site | 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) | Base de données ARIA Rapport du CGM | 42887 | - |

| Type d'accident | Date | Nom du parc / Commune | 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 | N° ARIA | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|----------------------------|------------|-------------------------------------|-------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|--|---|---------|--|
| | | du Télégraphe | | | | | | | Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004) | | |
| Rupture de pale | 08/07/2004 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère | 0,3 | 2001 | Non | Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact | Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage) | Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004) | - | Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant |
| Rupture de pale | 2004 | Escales-Conilhac | Aude | 0,75 | 2003 | Non | Bris de trois pales | | Site Vent de Colère | - | Information peu précise |
| Rupture de pale + incendie | 22/12/2004 | Montjoyer-Rochefort | Drôme | 0,75 | 2004 | Non | Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min) | Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage | Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère | 29385 | - |
| Rupture de pale | 2005 | Wormhout | Nord | 0,4 | 1997 | Non | Bris de pale | | Site Vent de Colère | - | Information peu précise |
| Base de données ARIA | 07/10/2006 | 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 | Base de données ARIA Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3 | 42891 | - |
| Incendie | 18/11/2006 | Roquetaillade | Aude | 0,66 | 2001 | Oui | Acte de malveillance : explosion de bonbonnes de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pied de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle. | Malveillance / incendie criminel | Base de données ARIA Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre) | 42909 | - |
| 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 137 km/h) | Base de données ARIA Article de presse (La Voix du Nord) | 42895 | - |
| Chute 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 | 02/03/2007 | 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 | Base de données ARIA Site FED Interne exploitant | 43107 | - |
| 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. | Base de données ARIA Article de presse (Le Télégramme) | 42896 | - |
| Emballement | 10/03/2008 | 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 | 34340 | Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes) |
| Collision avion | 04/04/2008 | 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 1000 m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse) | Base de données ARIA Articles de presse (Le Télégramme, Le Post) | 42884 | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique) |

| Type d'accident | Date | Nom du parc / Commune | 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 | N° ARIA | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|-----------------|------------|-------------------------------|------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|---|---|---------|---|
| Chute de pale | 19/07/2008 | Erise-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 | Base de données ARIA Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008) | 42904 | - |
| Incendie | 21/08/2008 | Vauvillers | Somme | 2 | 2006 | Oui | Incendie de la nacelle | Problème au niveau d'éléments électroniques | Base de données ARIA Dépêche AFP 28/08/2008 | 43109 | - |
| Chute de pale | 26/12/2008 | Raival - Voie Sacrée | Meuse | 2 | 2007 | Oui | Chute de pale | | Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain) | - | - |
| Maintenance | 26/01/2009 | Clastres | Aisne | 2,75 | 2004 | Oui | Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance | Accident électrique (explosion d'un convertisseur) | Base de données ARIA | 35814 | 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 ? | Base de données ARIA Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED | 42906 | - |
| Incendie | 30/10/2009 | Freyssenet | Ardèche | 2 | 2005 | Oui | Incendie de la nacelle | Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique) | Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné) | 37601 | - |
| 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 | Base de données ARIA Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE | 38999 | - |
| 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. | | Base de données ARIA Interne SER-FEE | 29464 | 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 |

| Type d'accident | Date | Nom du parc / Commune | 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 | N° ARIA | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|-----------------|------------|-------------------------|----------------|-------------------|--------------------------|---------------------|--|---|---|---------|---|
| | | | | | | | | | | | 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 | 04/01/2012 | 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 | Base de données ARIA Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant | 41578 | - |
| Maintenance | 06/02/2012 | Lehaucourt | Aisne | - | - | - | Arc électrique pendant une opération de maintenance. Blessure de deux sous-traitants (grave et léger) Les victimes portaient leurs EPI lors des faits. | | Base de données ARIA | 41628 | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Chute de pale | 11/04/2012 | Sigean | Aude | - | - | - | Mise en arrêt automatique d'une éolienne puis défaut de vibration. Présence d'un impact sur le mât et projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Périmètre de sécurité de 100 m. | Foudre | Base de données ARIA | 43841 | - |
| Chute de pale | 18/05/2012 | Fresnay-L'Evêque | Eure-et-Loir | 2 | 2008 | - | Chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et rupture du roulement qui raccordait la pale au hub | Défaillance technique (corrosion) | Base de données ARIA | 42919 | - |
| Effondrement | 30/05/2012 | Port-la-Nouvelle | Aude | 0,2 | 1991 | Non | Effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. Aérogénérateur à l'arrêt pour réparations au moment des faits | Rafales de vent à 130 km/h | Base de données ARIA | 43110 | - |
| Chute d'élément | 01/11/2012 | Vieillespesse | Cantal | 2,5 | 2011 | - | Projection d'un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc | | Base de données ARIA | 43120 | - |
| Incendie | 05/11/2012 | Sigean | Aude | - | - | - | Départ de feu en pied d'éolienne, et propagation de court-circuit entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Mise en place d'un balisage de sécurité. Chute de pale et incendie de 80 m ² de garrigue environnante. | Dysfonctionnement de l'armoire électrique | Base de données ARIA | 43228 | - |
| Rupture de pale | 06/03/2013 | Conilhac-de-la-Montagne | Aude | - | - | - | Rupture d'une pale. Périmètre de sécurité de 30 m au pied de l'éolienne. | | Base de données ARIA | 43576 | - |
| Incendie | 17/03/2013 | Euvy | Marne | - | 2011 | - | Départ de feu dans la nacelle d'une éolienne. Mise en place d'un périmètre de sécurité de 150 m. Chute de pale. Ecoulement de 450 L d'huile de boîte de vitesse induisant la réalisation d'une étude de pollution. | Défaillance électrique | Base de données ARIA | 43630 | - |
| Rupture de pale | 20/06/2013 | Labastide-sur-Besorgues | Ardèche | - | - | - | Déchirure de 6 m de longueur sur une pale. Destruction du boîtier basse tension et du parafoudre en tête d'installation au poste de livraison et endommagement des installations du réseau électrique et téléphonique. Mise en place d'un périmètre de sécurité. | Foudre | Base de données ARIA | 45016 | Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée) |

| Type d'accident | Date | Nom du parc / Commune | 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 | N° ARIA | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|---------------------------------|------------|---------------------------|---------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|---|----------------------------|---------|---|
| Maintenance | 01/07/2013 | Cambon-et-Salvergues | Hérault | - | - | - | Blessure d'un opérateur de maintenance par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient (accumulateur sous pression). | Défaillance organisationnelle | Base de données ARIA | 44150 | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Déversement d'huile hydraulique | 03/08/2013 | Moreac | Morbihan | - | - | - | Fuite de 270 L d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance. Pollution de 80 m ² de sol. | Perte de confinement, étanchéité (sans rupture) | Base de données ARIA | 44197 | - |
| Incendie | 09/01/2014 | Antheny | Ardennes | 2,5 | - | - | Départ de feu sur la partie moteur d'une éolienne. Isolation électrique du parc, mise en place d'un périmètre de sécurité de 300 m. Le feu s'est éteint de lui-même, sans se propager. Destruction de la nacelle impliquant le démantèlement de l'éolienne. | Incident électrique ? | Base de données ARIA | 44831 | - |
| Chute de pale | 20/01/2014 | Sigean | Aude | - | - | - | Chute de pale de 20 m au pied du mât. Périmètre de sécurité de 100 m établi autour de l'éolienne. | Défaillance technique | Base de données ARIA | 44870 | - |
| Chute de pale | 14/11/2014 | Saint-Cirgues-en-Montagne | Ardèche | - | - | - | Chute d'une pale au pied d'une éolienne lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. Projection de certains débris à 150 m. Mise en place d'un périmètre de sécurité et fermeture de la voie d'accès. | Tempête | Base de données ARIA | 45960 | - |
| Rupture de pale | 05/12/2014 | Fitou | Aude | - | - | - | Bris de pale : une des 2 parties de l'aérofrein (3 m de long) est retrouvée à 80 m du mât. La deuxième partie est toujours sur la pale. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de la pale). | Défaillance matérielle | Base de données ARIA | 46030 | - |
| Incendie | 29/01/2015 | Rémigny | Aisne | - | - | - | Départ de feu dans une éolienne en phase de test. Dommages matériels sont estimés à 150 k€. | Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance provoquant un arc électrique | Base de données ARIA | 46304 | - |
| Incendie | 06/02/2015 | Lusseray | Deux-Sèvres | - | - | - | Départ de feu au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. | | Base de données ARIA | 46237 | - |
| Incendie | 24/08/2015 | Santilly | Eure-et-Loir | - | - | - | Départ de feu sur le moteur d'une éolienne à 90 m de hauteur | | Base de données ARIA | 47062 | - |
| Chute de pale | 10/11/2015 | Menil-la-Horgne | Meuse | - | - | - | Chute des 3 pales et du rotor d'une éolienne. Endommagement du transformateur électrique à son pied. Débris disséminés sur 4 000 m ² . Sécurisation de la zone. | Défaut de fabrication de l'arbre lent | Base de données ARIA | 47377 | - |
| Rupture de pale | 07/02/2016 | Conilhac-Corbières | Aude | - | - | - | Rupture et chute de l'aérofrein d'une des 3 pales. Aucun blessé et aucun dégât matériel. | Rupture du point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein | Base de données ARIA | 47675 | - |
| Chute de pale | 08/02/2016 | Dineault | Finistère | 0,3 | - | 1999 | Chute de pale lors d'une tempête (vents à 160 km/h), une autre se déchire. Pale rompue retrouvée à 40 m du pied du mât. Mise en place d'un périmètre de sécurité de 500 m. | Tempête | Base de données ARIA | 47680 | - |
| Chute de pale | 07/03/2016 | Calanhel | Côtes d'Armor | - | - | - | Rupture et chute d'une des pales d'une éolienne à 5 m du pied du mât. Arrêt automatique de la turbine et balisage de la zone. Endommagement du mât dans sa partie haute. Projection de gros débris sur 50 m. | Rupture du système d'orientation | Base de données ARIA | 47763 | - |

| Type d'accident | Date | Nom du parc / Commune | 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 | N° ARIA | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|----------------------|------------|-----------------------|---------------|-------------------|--------------------------|---------------------|--|--|----------------------------|---------|---|
| Fuite d'huile | 28/05/2016 | Janville | Eure-et-Loir | - | - | - | Écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Mise à l'arrêt et utilisation d'adsorbants. La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite. | Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne | Base de données ARIA | 48264 | - |
| Incendie | 10/08/2016 | Hescamps | Somme | - | - | - | Départ de feu au niveau du rotor d'une éolienne. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Intoxication légère par les fumées | Défaillance électrique | Base de données ARIA | 48426 | - |
| Incendie | 18/08/2016 | Dargies | Oise | - | - | - | Départ d'incendie dans la tête de l'éolienne à 80 m de haut. Pas de propagation, aucun blessé. | Défaillance électrique | Base de données ARIA | 48471 | - |
| Maintenance | 14/09/2016 | Les Grandes Chapelles | Aube | - | - | - | Électrisation d'un employé électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne. Blessé léger. | | Base de données ARIA | 48588 | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Fissure sur une pale | 11/01/2017 | Le Quesnoy | Nord | - | - | - | Fissure constatée sur une pale d'une éolienne. Arrêt de l'installation. Dommage réduit et réparable. Il n'est donc pas nécessaire de procéder à son remplacement. | Défaut matériel | Base de données ARIA | 49413 | Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée) |
| Rupture de pale | 12/01/2017 | Tuchan | Aude | - | 2002 | - | Chute de 3 pales d'une éolienne. Débris collectés autour du mat de 40 m. Des impacts sur le mat sont visibles. Mise en place de barrières et sécurisation de l'accès. | Vitesse de rotation excessive sur une éolienne mise à l'arrêt pour maintenance suite à la casse totale de son arbre lent : la rupture a eu pour conséquence le désaccouplement du rotor avec le multiplicateur, donc de rendre inopérant le frein mécanique. | Base de données ARIA | 49104 | - |
| Chute de pale | 18/01/2017 | Nurlu | Somme | - | - | - | Chute de pale (2/3 brisés, avec armature toujours en place). Essentiel des débris retrouvés à moins de 90 m du mât, les plus lourds à moins de 27 m. | Tempête | Base de données ARIA | 49151 | - |
| Rupture de pale | 27/02/2017 | Trayes | Deux-Sèvres | - | - | - | Projection de fragments de pale à 150 m du mât, haut de 78 m. Aucun blessé, ni dégâts. Les autres éoliennes du parc sont vérifiées. | Défaut de fabrication sur la pale | Base de données ARIA | 49374 | - |
| Rupture de pale | 27/02/2017 | Lavallée | Meuse | - | 2011 | - | Rupture de la pointe d'une pale d'éolienne. L'exploitant la retrouve au sol en 3 morceaux à 200 m de l'éolienne. Aucun blessé | Orage violent (rafale de vent extrême) | Base de données ARIA | 49359 | - |
| Incendie | 06/06/2017 | Allonnes | Eure-et-Loir | - | - | - | Départ de feu dans la nacelle d'une éolienne. Mise en sécurité du parc, coupure de la circulation sur la RN154. Le feu s'éteint seul. Destruction de la nacelle, du rotor et d'une partie des pales et du haut du mât et chute d'éléments au sol, aboutissant au démantèlement de l'éolienne et à une surveillance de l'environnement. | Défaut des condensateurs du boîtier électrique situé dans la nacelle. | Base de données ARIA | 49746 | - |
| Chute de pale | 08/07/2017 | Aussac-Vadalle | Charente | - | - | - | Chute d'une partie de pale. Débris collectés dans une zone de 50 à 100 m du mât, mise en place d'un balisage | Foudre | Base de données ARIA | 49768 | - |
| Rupture de pale | 24/06/2017 | Conchy-sur-Canche | Pas de Calais | - | - | - | Rupture et chute d'une pale au pied du mat de l'éolienne. Débris projetés dans un rayon de 20 m. | | Base de données ARIA | 49902 | - |

| Type d'accident | Date | Nom du parc / Commune | 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 | N° ARIA | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|--|------------|-----------------------|----------------|-------------------|--------------------------|---------------------|--|---|----------------------------|---------|---|
| Rupture de pale | 17/07/2017 | Fécamp | Seine-Maritime | - | - | - | Rupture d'un aérofrein et chute au pied du mât de 49 m. Clôture du site endommagée. | Problème de montage ou présence de vibration en fonctionnement | Base de données ARIA | 50291 | - |
| Rupture de pale | 05/08/2017 | Priez | Aisne | - | - | - | Rupture de pale et chute au sol. Débris retrouvés au pied du mât. Accès sécurisé et surveillance de la zone. | | Base de données ARIA | 50148 | - |
| Chute du carénage d'une éolienne | 08/11/2017 | Roman | Eure | - | - | - | Chute du carénage de la pointe de la nacelle. Mise à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien. | Défaut d'assemblage des boulonnages du carénage. Non-respect de la procédure lors du montage des turbines. | Base de données ARIA | 50694 | - |
| Maintenance | 26/10/2017 | Le Champ aux roches | Ardennes | 2,3 | 2008 | Oui | Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance. Circonstances non encore établies, une enquête a été ouverte | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) | ABO Wind | - | - |
| Chute d'une éolienne | 01/01/2018 | Bouin | Vendée | - | 2003 | - | Chute du mât de 60 m qui se brise en 2. Débris éparpillés sur une surface assez importante. Rotor enfoncé dans le sol. Périmètre de sécurité et mise en place d'un gardiennage. | Tempête Carmen : erreur d'interprétation des données pour replacer l'éolienne, ce qui augmente une augmentation trop rapide du rotor. | Base de données ARIA | 50913 | - |
| Chute d'une pale | 04/01/2018 | Nixeville-Blercourt | Meuse | 2 | - | - | Rupture de l'extrémité d'une pale et chute d'un morceau de 20 m. Zone sécurisée. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. mise en place d'un gardiennage. | Épisode venteux. | Base de données ARIA | 50905 | - |
| Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne | 06/02/2018 | Conilhac-corbieres | Aude | - | - | - | À la suite d'un défaut sur l'électronique de puissance, l'éolienne est passée en arrêt automatique par sollicitation du freinage aérodynamique. Lors de l'ouverture de l'aérofrein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute | Défaut électronique | Base de données ARIA | 51122 | - |
| Défaillance mécanique d'une éolienne | 08/03/2018 | Villers-grelot | Doubs | - | - | - | Dent de l'arbre rapide, situé entre le multiplicateur et la génératrice cassée. Aucune conséquence n'est relevée sur d'autres composants ou l'environnement. | Défaut de fabrication au niveau de la couronne dentée de l'arbre rapide | Base de données ARIA | 53153 | - |
| Incendies criminels dans un parc éolien | 01/06/2018 | Marsanne | Drome | - | - | - | Feu qui se déclare au pied d'une éolienne dans un parc composé de 8 aérogénérateurs. L'incendie se propage jusqu'à sa nacelle. | Origine de l'événement est criminelle (les portes d'accès aux éoliennes ont été fracturées) | Base de données ARIA | 51675 | - |
| Incendie d'éolienne | 05/06/2018 | Aumelas | Herault | - | - | - | Feu dans la nacelle d'une éolienne de 70 m de haut. Des éléments de l'éolienne en feu chutent au sol. Les flammes se propagent en partie basse de l'aérogénérateur. La végétation est brûlée sur 50m². | Dysfonctionnement électrique | Base de données ARIA | 51681 | - |
| Chute des extrémités de 2 pales d'une éolienne | 04/07/2018 | Port-la-nouvelle | Aude | - | - | - | Avarie constatée sur 2 des pales d'une éolienne : leurs extrémités se sont disloquées. Des éléments sont projetés à 150 m du mât après s'être décrochés. | - | Base de données ARIA | 51853 | - |
| Incendie d'éolienne propagé à la végétation | 28/09/2018 | Sauveterre | Tarn | - | - | - | Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne dans un parc éolien. La machine est démantelée début novembre. 2,5 ha de végétation, essentiellement une plantation de résineux, ont brûlé. | Acte de malveillance | Base de données ARIA | 52641 | - |

| Type d'accident | Date | Nom du parc / Commune | 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 | N° ARIA | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|--|------------|-----------------------|-------------|-------------------|--------------------------|---------------------|--|--|----------------------------|---------|---|
| Fuite d'huile hydraulique sur une éolienne | 17/10/2018 | Flers-sur-noye | Somme | - | - | - | Fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. L'aérogénérateur est arrêté. 150 l d'huiles sont récupérés. | Mauvaise réalisation d'une activité de maintenance annuelle préventive | Base de données ARIA | 52498 | - |
| Effondrement d'une éolienne | 06/11/2018 | Guigneville | Loiret | 3 MW | - | - | Effondrement d'une éolienne d'une hauteur en bout de pale de 140 m, s'effondre dans un parc éolien composé de 2 aérogénérateurs. | Sur-vitesse de rotation des pales de l'éolienne conduisant à une surcharge de contraintes sur la structure, provoquant son effondrement | Base de données ARIA | 52558 | - |
| Chute de 3 aérofreins dans un parc éolien | 18/11/2018 | Conilhac-corbieres | Aude | - | - | - | Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât. | Défaut électronique | Base de données ARIA | 52653 | - |
| Chute d'une pale d'éolienne | 19/11/2018 | Ollezy | Aisne | - | - | - | Rupture d'une pale d'une éolienne. | - | Base de données ARIA | 52638 | - |
| Effondrement | 23/01/2019 | Boutavent | Somme | 1 MW | 2011 | oui | Survitesse et perte d'une pale puis rupture du mât et effondrement de l'éolienne. | Survitesse des pales suite à une coupure de l'alimentation de l'éolienne et un défaut des batteries de secours permettant la mise en drapeau des pales. Après dislocation d'une pale rupture du mât. | Base de données ARIA | | - |

Annexe 5 : SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

Scénario G01

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

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

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

Note : Si les enjeux principaux sont principalement humains, il conviendra d'évoquer les enjeux matériels, avec la présence éventuelle d'éléments internes au parc éolien (poste source, 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 redémarrages de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement, simultanément à une défaillance des systèmes de détection de givre et de balourd.

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

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

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

Le moyen de prévention des incendies consiste en un contrôle périodique des installations. Dans l'analyse préliminaire des risques, seulement quelques exemples vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scénarios devant être regardés :

- Découper l'installation en plusieurs parties : rotor, nacelle, mât, fondation et poste source ;
- 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 projet pourront apporter dans leur étude de dangers une description des protocoles qui seront mis en place en cas de pertes d'utilités.

Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

Les fuites éventuelles interviendront en cas d'erreur humaine ou de défaillance matérielle.

Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation). Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau, tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de 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, etc.).

Scénario F01

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant, etc., 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 autour de 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.

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

Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)

Les scénarios de chutes concernent les éléments d'assemblage des aérogénérateurs : ces chutes sont déclenchées par la dégradation d'éléments (corrosion, fissures...) ou des défauts de maintenance (erreur humaine). Les chutes sont limitées à un périmètre correspondant à l'aire de survol.

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

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

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

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

L'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 précédemment.

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

Scénarios P03

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

Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)

Les événements pouvant conduire à l'effondrement de l'éolienne sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant
- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

Annexe 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.

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.

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

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

Avec :

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

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

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

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

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

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

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

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

Annexe 7 : BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES

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