

## Parc Eolien de Keranna

### Commune de Plumieux & Saint- Etienne du Gué de l'Isle



#### ETUDE DE DANGERS

Dossier de demande d'autorisation d'exploiter au titre des  
installations classées pour la protection de l'environnement

*Version de Juillet 2016 complétée en Avril 2017*



## SOMMAIRE

|   |    |
|---|----|
| Préambule.....  | 5  |
| I.1. Objectif de l'étude de dangers.....  | 5  |
| I.2. Contexte législatif et réglementaire.....  | 5  |
| I.3. Nomenclature des installations classées .....  | 5  |
| 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 de l'installation.....  | 9  |
| III.1. Environnement humain.....  | 9  |
| III.1.1. Zones habitées et exploitations agricoles.....   | 9  |
| III.1.2. Etablissements recevant du public (ERP).....   | 10 |
| III.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base..... | 10 |
| III.1.4. Autres activités.....  | 10 |
| III.2. Environnement naturel .....  | 11 |
| III.2.1. Contexte climatique.....   | 11 |
| III.2.2. Risques naturels.....  | 11 |
| III.2.2.1. Sismicité.....   | 11 |
| III.2.2.2. Mouvements de terrain : .....  | 12 |
| III.2.2.3. Foudre .....   | 13 |
| III.2.2.4. Tempête .....  | 13 |
| III.2.2.5. Inondations.....   | 13 |
| III.3. Environnement matériel .....   | 14 |
| III.3.1. Voies de communication .....   | 14 |
| III.3.2. Réseaux publics et privés .....  | 15 |
| III.3.3. Autres ouvrages publics .....  | 15 |
| III.3.4. Autres ouvrages.....   | 15 |
| III.4. Synthèse des enjeux.....   | 15 |
| III.5. Cartographie de synthèse.....  | 21 |
| IV. Description de l'installation.....  | 22 |
| IV.1. Caractéristiques de l'installation .....  | 22 |

|   |    |
|---|----|
| IV.1.1. Caractéristiques générales du parc éolien.....  | 22 |
| IV.1.2. Activité de l'installation.....   | 25 |
| IV.1.3. Composition de l'installation .....   | 25 |
| IV.2. Fonctionnement de l'installation .....  | 27 |
| IV.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur .....  | 27 |
| IV.2.2. Sécurité de l'installation .....  | 28 |
| IV.2.3. Opérations de maintenance de l'installation .....   | 29 |
| IV.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation .....  | 30 |
| IV.3.1. Raccordement électrique .....   | 30 |
| IV.3.2. Autres réseaux.....   | 31 |
| V. Identification des potentiels de dangers de l'installation .....                                 | 32 |
| V.1. Potentiels de dangers liés aux produits .....  | 32 |
| V.1.1. Inventaire des produits .....  | 32 |
| V.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation .....                           | 33 |
| V.3. Réduction des potentiels de dangers à la source .....  | 33 |
| V.3.1. Principales actions préventives.....   | 33 |
| V.3.1.1. Implantation retenue .....   | 33 |
| V.3.1.2. Choix des éoliennes.....   | 34 |
| V.3.1.3. Exploitation du parc .....   | 34 |
| V.3.1.4. Substitution des produits par des produits moins dangereux et réduction des quantités..... | 35 |
| V.3.1.5. Substitution des équipements .....   | 35 |
| V.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles .....                                      | 35 |
| VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE.....   | 36 |
| VI.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE .....   | 36 |
| VI.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS À L'INTERNATIONAL .....                                 | 37 |
| VI.3. INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT .....                 | 38 |
| VI.4. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE.....                  | 38 |
| VI.4.1. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE .....  | 38 |
| VI.4.2. ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FRÉQUENTS.....                                  | 39 |
| VI.5. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE .....   | 39 |
| VII. Analyse préliminaire des risques.....  | 40 |
| VII.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques.....  | 40 |
| VII.2. RECENSEMENT DES ÉVÉNEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES.....                  | 40 |
| VII.3. Recensement des agressions externes potentielles .....                                       | 40 |

|   |    |
|---|----|
| VII.3.1. Agression externes liées aux activités humaines .....  | 40 |
| VII.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels .....  | 41 |
| VII.4. SCÉNARIOS ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES .....  | 41 |
| VII.5. Effets dominos.....  | 43 |
| VII.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ .....  | 44 |
| VII.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES.....  | 47 |
| VIII. Etude détaillée des risques.....  | 48 |
| VIII.1. RAPPEL DES DÉFINITIONS.....   | 48 |
| VIII.1.1.CINÉTIQUE .....  | 48 |
| VIII.1.2.INTENSITÉ.....   | 48 |
| VIII.1.3.GRAVITÉ .....  | 49 |
| VIII.1.4.PROBABILITÉ.....   | 49 |
| VIII.2. Caractérisation des scénarios retenus.....  | 50 |
| VIII.2.1.Effondrement de l'éolienne.....  | 51 |
| VIII.2.2.Chute de glace .....   | 54 |
| VIII.2.3.Chute d'éléments de l'éolienne .....   | 56 |
| VIII.2.4.Projection de pales ou de fragments de pales .....   | 59 |
| VIII.2.5.Projection de glace.....   | 62 |
| VIII.3. Tableau de synthèse des scénarios étudiés .....   | 65 |
| VIII.3.1.Synthèse de l'acceptabilité des risques .....  | 65 |
| VIII.3.2.Cartographie des risques .....   | 67 |
| IX. Demande d'approbation d'ouvrage d'un réseau privé souterrain HTA (20 kV) pour le raccordement interne du parc éolien KERANNA et du poste de livraison ..... | 83 |
| IX.1. Généralités .....   | 83 |
| IX.2. Détails techniques sur les diverses parties de la distribution .....  | 84 |
| IX.3. Justification de la conformité du projet avec la réglementation technique en vigueur et engagements du porteur de projet .....                            | 86 |
| IX.4. Bilan des DT / DICT.....  | 86 |
| IX.5. Attestation sur l'honneur – Accords fonciers.....   | 87 |
| IX.6. Délibération des Communes de Plumieux et Saint Etienne du Gué de l'Isle.....  | 87 |
| IX.7. Plans de situation .....  | 88 |
| X. Conclusion .....   | 90 |
| Annexe 1 – Solutions Des fabricants éolien (VESTAS, SENVIION, ENERCON) pour répondre à l'arrêté du 26 août  |    |

|  |     |
|--|-----|
| Annexe 2 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne..... | 97  |
| Annexe 3 – Tableau de l'accidentologie française.....  | 99  |
| Annexe 4 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques .....  | 107 |
| Annexe 5 – Probabilité d'atteinte et Risque individuel .....   | 110 |
| Annexe 6 –Glossaire.....   | 111 |
| Annexe 7 –MEMOIRE DESCRIPTIF .....   | 114 |
| Annexe 8 –LE PROJET DANS SON ENVIRONNEMENT.....  | 114 |
| Annexe 9 – Bibliographie et références utilisées .....   | 115 |

#### TABLE DES FIGURES

|  |    |
|--|----|
| Figure 1. Rubrique 2980.....   | 6  |
| Figure 2. Localisation générale du site.....   | 7  |
| Figure 3. Situation de l'installation .....  | 8  |
| Figure 4. Identification de l'environnement humain .....   | 9  |
| Figure 5. Identification des ICPE .....  | 10 |
| Figure 6. Rose des vents et courbe de Weibull parc éolien de Keranna .....   | 11 |
| Figure 7. Zonage sismique de la France (source : <a href="http://www.planseisme.fr/">http://www.planseisme.fr/</a> ) ..... | 12 |
| Figure 8. Exposition à l'aléa retrait-gonflement des argiles .....   | 12 |
| Figure 9 : Arrêtés portant reconnaissance de catastrophe naturelle (source prim.net mise à jour le 30/01/2015).....        | 13 |
| Figure 10. Infrastructures routières.....  | 14 |
| Figure 11. Carte des enjeux-éolienne 1 .....   | 16 |
| Figure 12. Carte des enjeux-éolienne 2 .....   | 17 |
| Figure 13. Carte des enjeux-éolienne 3 .....   | 18 |
| Figure 14. Carte des enjeux-éolienne 4 .....   | 19 |
| Figure 15. Carte des enjeux-éolienne 5 .....   | 20 |
| Figure 16. Carte des enjeux au sein de l'aire d'étude.....   | 21 |
| Figure 17. Schéma simplifié d'un aérogénérateur.....   | 22 |
| Figure 18. Enfouissement de câbles (Crédit photo : Quénéa) .....   | 23 |
| Figure 19. Aperçu du type de poste de livraison (Crédit photo : Quénéa).....   | 23 |
| Figure 20. Emprise au sol des éléments du parc éolien Keranna .....  | 24 |
| Figure 21. Emprise au sol du projet de parc éolien Keranna (gabarit maximal des éoliennes).....                            | 26 |
| Figure 22. Raccordement électrique des installations.....  | 30 |
| Figure 23. Façade ouest du poste de livraison.....   | 31 |
| Figure 24. Proposition de raccordement du parc éolien de Keranna au poste source de Loudéac.....                           | 31 |
| Figure 25. Implantation des éoliennes retenue.....   | 34 |
| Figure 26. Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées.....                         | 38 |
| Figure 27. Effondrement de l'éolienne, distance d'effet.....   | 51 |
| Figure 28. Chute de glace, distance d'effet.....   | 54 |
| Figure 29. Chute d'éléments de l'éolienne .....  | 56 |

|  |    |
|--|----|
| Figure 30. Projection de pales, zones d'effets.....                                    | 59 |
| Figure 31. Projection de glace, zone d'effet .....                                     | 62 |
| Figure 32. Schéma type des risques pris en compte pour la sécurité publique.....       | 67 |
| Figure 33. Synthèse des risques – Modèle Vestas V100 – Eolienne 1.....                 | 68 |
| Figure 34. Synthèse des risques – Modèle Vestas V100 – Eolienne 2.....                 | 69 |
| Figure 35. Synthèse des risques – Modèle Vestas V100 – Eolienne 3.....                 | 70 |
| Figure 36. Synthèse des risques – Modèle Vestas V100 – Eolienne 4.....                 | 71 |
| Figure 37. Synthèse des risques – Modèle Vestas V100 – Eolienne 5.....                 | 72 |
| Figure 38. Synthèse des risques – Modèle Senvion MM100 – Eolienne 1.....               | 73 |
| Figure 39. Synthèse des risques – Modèle Senvion MM100 – Eolienne 2.....               | 74 |
| Figure 40. Synthèse des risques – Modèle Senvion MM100 – Eolienne 3.....               | 75 |
| Figure 41. Synthèse des risques – Modèle Senvion MM100 – Eolienne 4.....               | 76 |
| Figure 42. Synthèse des risques – Modèle Senvion MM100 – Eolienne 5.....               | 77 |
| Figure 43. Synthèse des risques – Modèle Enercon E92 – Eolienne 1 .....                | 78 |
| Figure 44. Synthèse des risques – Modèle Enercon E92 – Eolienne 2 .....                | 79 |
| Figure 45. Synthèse des risques – Modèle Enercon E92 – Eolienne 3 .....                | 80 |
| Figure 46. Synthèse des risques – Modèle Enercon E92 – Eolienne 4 .....                | 81 |
| Figure 47. Synthèse des risques – Modèle Enercon E92 – Eolienne 5 .....                | 82 |
| Figure 48. Localisation et Identification des éoliennes et du poste de livraison ..... | 88 |
| Figure 49. Câblage et poste de livraison .....   | 89 |
| Figure 50. Limites communales et départementales.....                                  | 89 |

#### **TABLE DES TABLEAUX**

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1. Distance minimale des zones habitées par rapport au parc éolien .....                 | 9  |
| Tableau 2. Nombre de Foyers et d'habitants (Sources : Recensement communal de Janvier 2015)..... | 9  |
| Tableau 3. Distances par rapport à chaque éolienne.....  | 14 |
| Tableau 4. Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude .....                               | 15 |
| Tableau 5. Découpage fonctionnel de l'installation .....   | 27 |
| Tableau 6. Analyse générique des risques .....   | 43 |
| Tableau 7. Tableaux de synthèse des fonctions de sécurité.....                                   | 47 |

## PREAMBULE

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

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par Keranna Energies pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Keranna, 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 le parc éolien de Keranna. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

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

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

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

### I.2. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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

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

Ainsi, l'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces

scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels. Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article R. 512-9 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 terme de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection
- représentation cartographique
- résumé non technique de l'étude des dangers.

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

### I.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

| A. – Nomenclature des installations classées   |   |                   |           |
|--|---|-------------------|-----------|
| N°   | DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE  | A, E, D, S, C (1) | RAYON (2) |
| 2980   | Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :  |                   |           |
|  | 1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m.....  | A                 | 6         |
|  | 2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée : |                   |           |
|  | a) Supérieure ou égale à 20 MW.....   | A                 | 6         |
|  | b) Inférieure à 20 MW.....  | D                 |           |
| (1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement.<br>(2) Rayon d'affichage en kilomètres. |   |                   |           |

Figure 1. Rubrique 2980

Le parc éolien de Keranna, composé de 5 éoliennes avec un mât de plus de 50 m est soumis au titre de la réglementation ICPE au régime de l'**autorisation**.

Les installations soumises à autorisation doivent faire l'objet d'une Demande d'Autorisation d'Exploiter dont le contenu est défini au sein des articles R 512-2 à R521-10 du Code de l'Environnement. L'étude de dangers est demandée au pétitionnaire au sein de cette demande d'autorisation d'exploiter.

## II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### II.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

➤ Identité du demandeur :

|                                    |                                   |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| Dénomination                       | KERANNA ENERGIES                  |
| Raison Social                      | SARL                              |
| N° SIRET                           | 799 125 976 00032                 |
| Catégorie juridique                | 5498                              |
| Représentant de la personne morale | MR Can NALBANTOGLU                |
| Adresse                            | 50 ter rue de Malte -75 011 PARIS |

➤ Identité des personnes qui ont réalisé l'étude de dangers :

LE GONIDEC Sylvain, responsable de projet à Quénéa Energies Renouvelables, assisté de l'équipe de développement.

### II.2. LOCALISATION DU SITE

Le parc éolien de Keranna, composé de 5aérogénérateurs et d'un poste de livraison, est localisé sur la commune de Plumieux et Saint Etienne du Gué de L'Isle, dans le département des Côtes d'Armor(22), en région Bretagne.

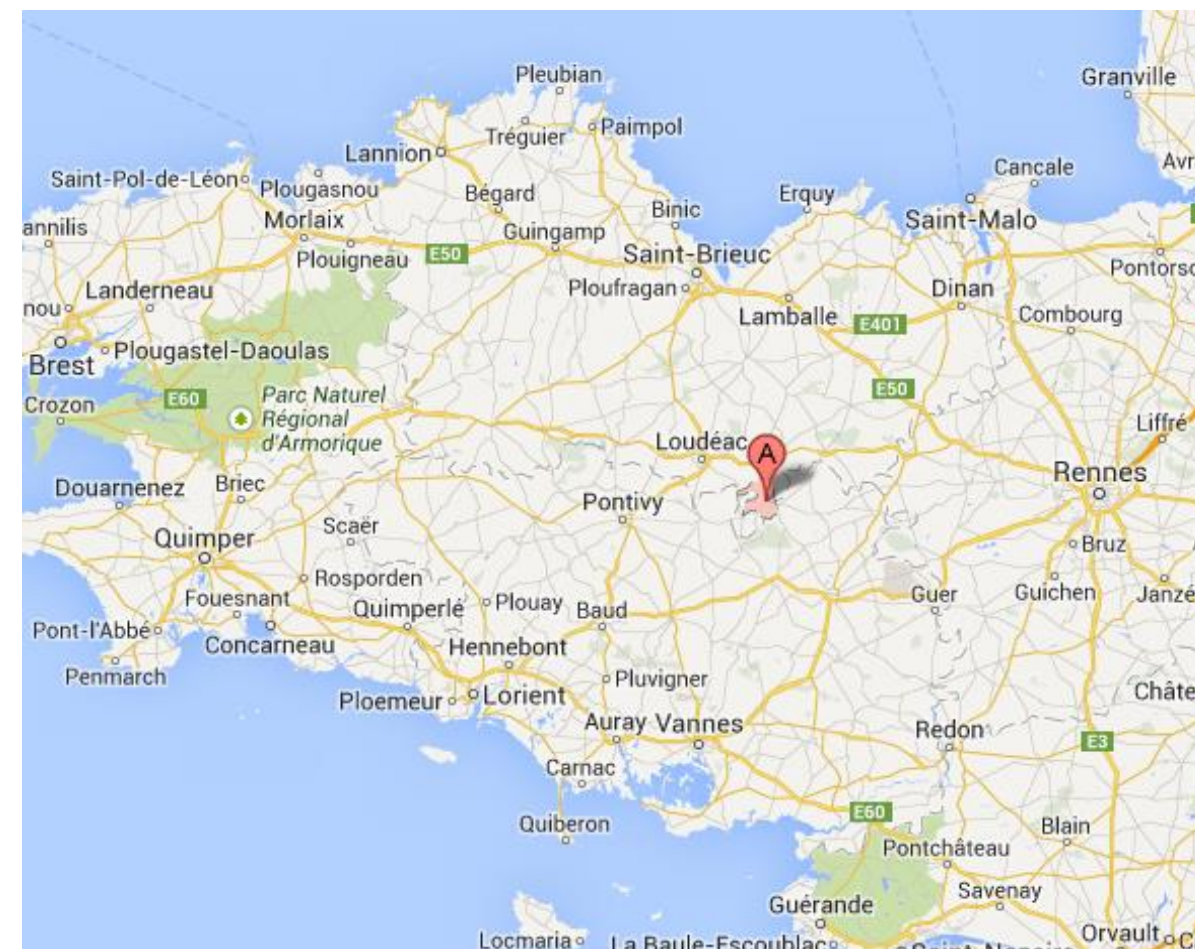


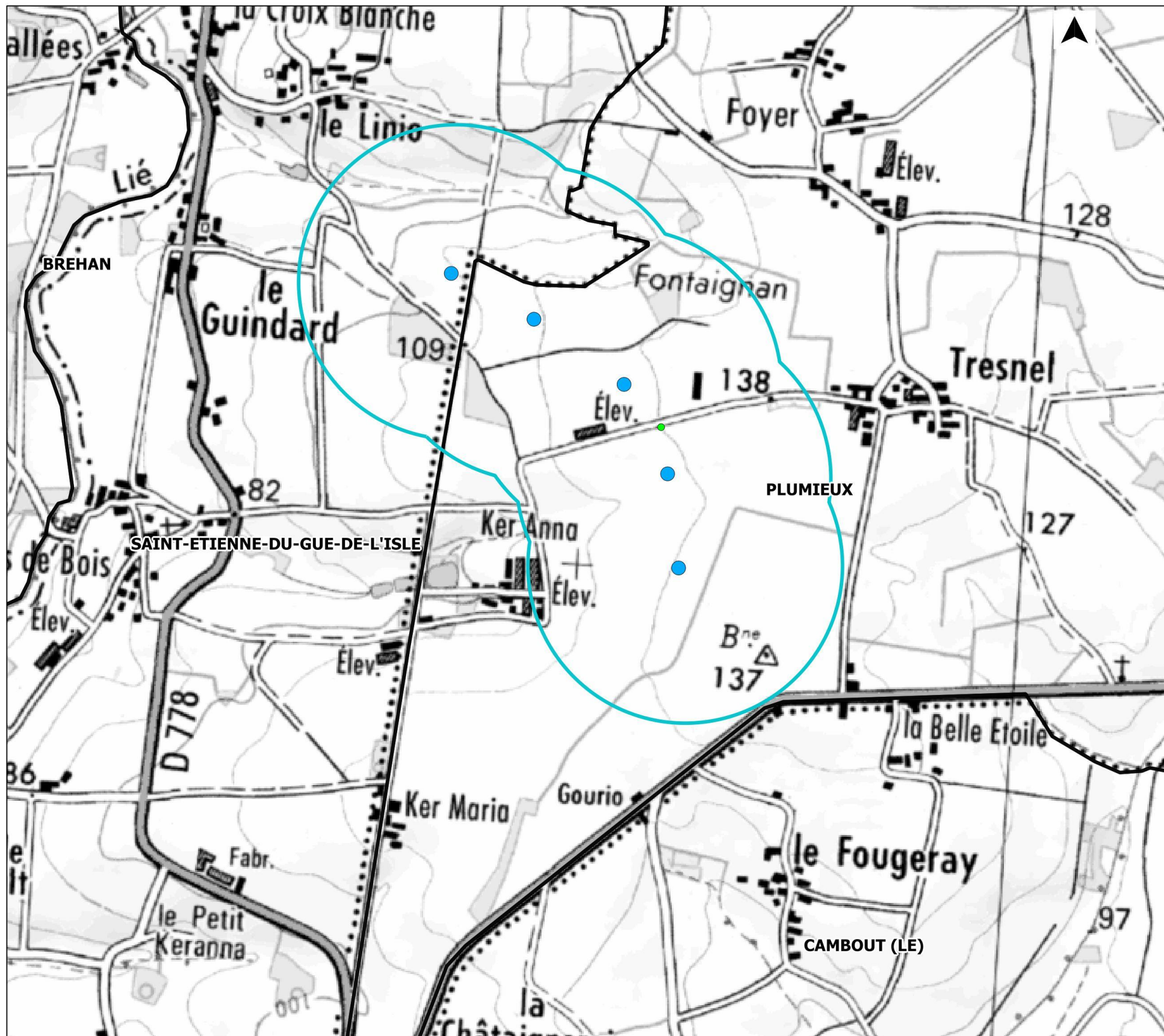
Figure 2. Localisation générale du site

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

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

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

L'aire d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison, qui sera néanmoins représenté sur la carte. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.



Etude de danger

Projet de parc éolien de Keranna  
(Plumieux et Saint-Etienne-du-Gué-de-l'Isle, Côtes-d'Armor)

---

**Carte de situation**

- Légende
- Eoliennes
  - Poste de livraison
  - Aire d'étude (500m)
  - Limite communale



Juin 2016



Source : Quénéa Energies Renouvelables

Figure 3. Situation de l'installation



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

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

#### III.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

##### III.1.1. ZONES HABITEES ET EXPLOITATIONS AGRICOLES

Les zones urbanisées les plus proches de notre aire d'étude sont les suivantes : Tresnel (hameau), Fontaignan (élevage porcin), la Belle étoile (hameau), Ker Anna (exploitations agricoles), le Guindard (hameau), le Linio (hameau), Foyer (hameau).

Les zones urbanisables les plus proches se situent au niveau des hameaux de Tresnel (649 m de l'éolienne E4), Foyer(687 m de l'éolienne E2) et Gourio(694 m de l'éolienne E5)

Il n'y a aucune habitation dans l'aire d'étude. Seules les quatre exploitations agricoles suivantes y sont présentes :

Au lieu-dit « Ker Anna » :

- une exploitation avicole (SA KERANNA - 4 employés),
- une exploitation légumière (2 Employés),

Au lieu-dit « Fontaignan » secteur à l'ouest du hameau de Tresnel :

- une exploitation porcine (EARL Fontaignan - 2 employés),
- une unité de compostage (Keratil - 1 employé).

Pour rappel, les distances aux habitations les plus proches ainsi que les nombres de foyers et d'habitants figurent dans les tableaux suivant :

|                        | E1       | E2       | E3       | E4       | E5       |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Tresnel</b>         | 1,265 km | 0,975 km | 0,660 km | 0,575 km | 0,730 km |
| <b>La Belle étoile</b> | 1,713 km | 1,425 km | 1,082 km | 0,777 km | 0,538 km |
| <b>Le Guindard</b>     | 0,734 km | 1,022 km | 1,265 km | 1,361 km | 1,412 km |
| <b>Le Linio</b>        | 0,625 km | 0,850 km | 1,191 km | 1,498 km | 1,765 km |
| <b>Foyer</b>           | 0,829 km | 0,738 km | 0,800 km | 0,991 km | 1,219 km |
| <b>Ker Anna</b>        | 1,019 km | 0,875 km | 0,779 km | 0,658 km | 0,577 km |

Tableau 1. Distance minimale des zones habitées par rapport au parc éolien

|                        | Nombre de foyers | Nombre d'habitants |
|------------------------|------------------|--------------------|
| <b>Tresnel</b>         | 14               | 13                 |
| <b>La Belle étoile</b> | 1                | 2                  |
| <b>Le Guindard</b>     | 12               | 27                 |
| <b>Le Linio</b>        | 12               | 15                 |
| <b>Foyer</b>           | 17               | 21                 |
| <b>Ker Anna</b>        | 2                | 3                  |

Tableau 2. Nombre de Foyers et d'habitants (Sources : Recensement communal de Janvier 2015)

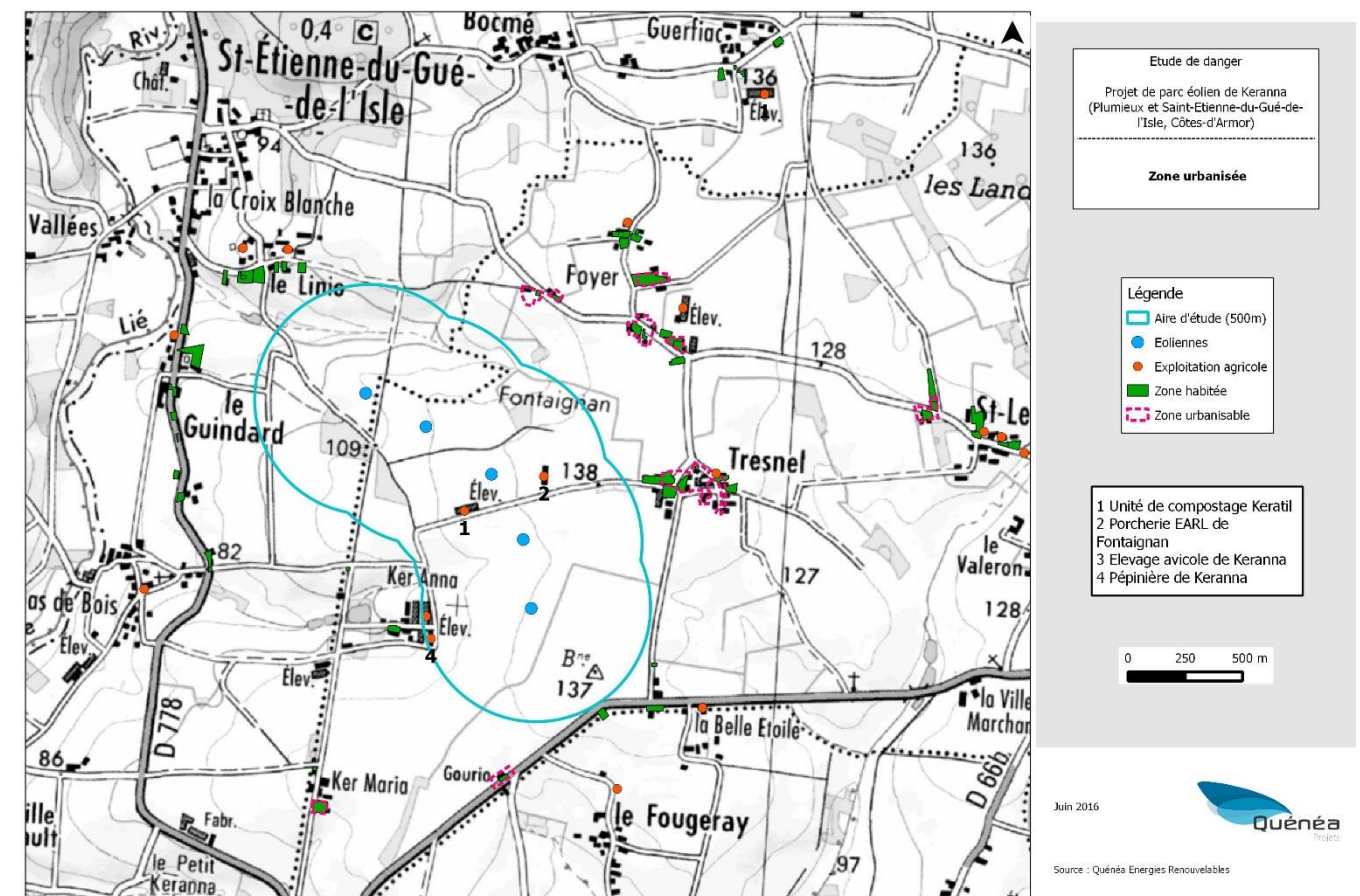


Figure 4. Identification de l'environnement humain

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

Il n'existe aucun ERP dans la zone d'étude. Les exploitations agricoles présentes dans la zone d'étude n'ont pas vocation à accueillir du public.

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

Les données présentées sur la carte ci-dessous proviennent de GéoBretagne. Les ICPE recensées sont tous régimes confondus (autorisation, enregistrement ou déclaration). Seules les ICPE présentes dans l'aire d'étude ont été prises en compte.

La seule ICPE dans l'aire d'étude est la SA KERANNA à près de 500 mètre de l'éolienne E5.

| Nom établissement | Commune  | Régime       | Activité             | Distance à l'éolienne la plus proche (km) |
|-------------------|----------|--------------|----------------------|---|
| SA KERANNA        | PLUMIEUX | Autorisation | Elevage agricole     | 0,455 km                                  |
| EARL Fontaignan   | PLUMIEUX | Autorisation | exploitation porcine | 0,213 km                                  |
| Keratil           | PLUMIEUX | Autorisation | unité de compostage  | 0,128 km                                  |

La carte ci-après permet de situer les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) dans un rayon de 500m autour de chaque éolienne :

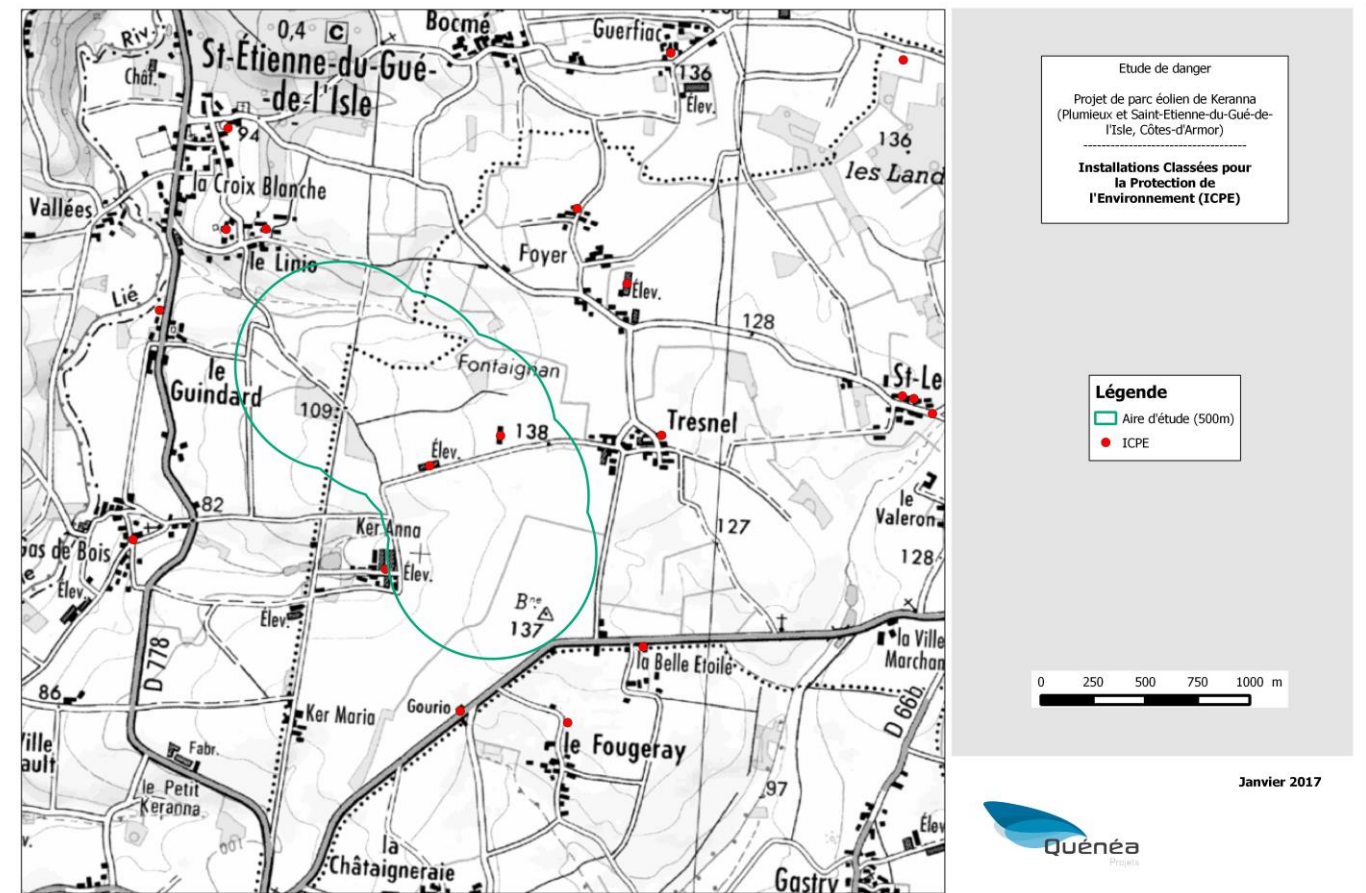


Figure 5. Identification des ICPE

### III.1.4. AUTRES ACTIVITES

L'agro-agriculture apparait comme la principale activité présente dans le secteur de l'aire d'étude.

D'autre part, selon le Comité départemental de la randonnée pédestre des Côtes d'Armor, des itinéraires de randonnée sont présents à proximité de l'aire d'étude : un itinéraire pédestre (14 km) et sa variante (15 km) pour les communes de La Chèze et Saint-Etienne-du-Gué-de-l'Isle intitulé « chemin du Gué de l'Isle » et un itinéraire VTT pour Plumieux intitulé « Circuit des Landes » (29,2 km). Ces itinéraires sont inscrits au Plan Départemental des Itinéraires de Promenade et de Randonnée. On notera également la présence de chemins complémentaires. **A noter qu'il n'y a pas, à proximité de la zone d'étude, d'itinéraires de Grandes Randonnées et de Grandes Randonnées de Pays.**

## III.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

### III.2.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

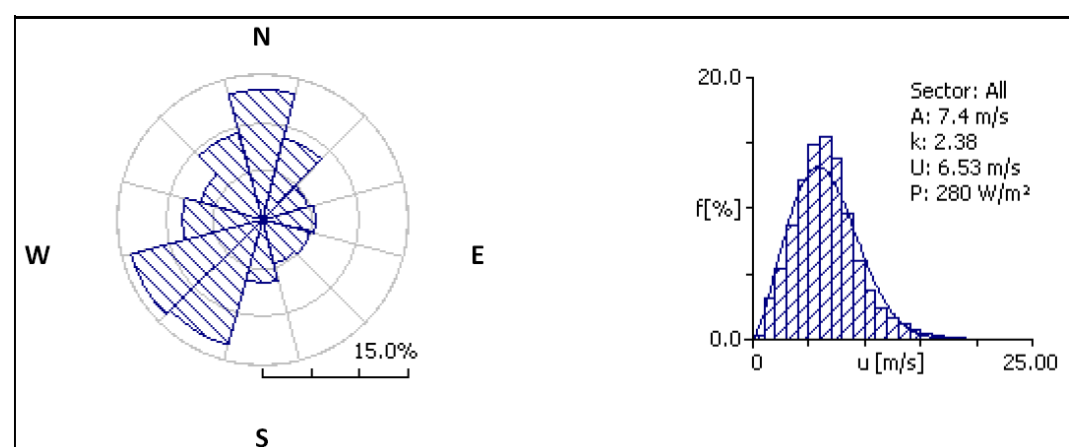
Les précipitations s'étalent sur 133 jours par an en moyenne et représente une moyenne annuelle de 892 mm. Les mois les plus pluvieux sont décembre et janvier avec respectivement 111 et 101 mm. Les moyennes mensuelles des hauteurs de précipitations font apparaître une décroissance régulière depuis le début de l'année, jusqu'en juillet (42 mm), avec cependant une exception pour mai (73 mm), plus humide qu'en avril (63 mm). Puis, les précipitations deviennent plus importantes avec une valeur maximale atteinte au mois de décembre (111 mm).

Le brouillard est présent en moyenne 114 jours par an (jours durant lesquels on constate, ne serait-ce que temporairement, une visibilité inférieure à 1 km). Le centre de la Bretagne fait partie des « régions » les plus exposées à la formation de brouillard, avec un nombre de jours par an avec présence de brouillard supérieur à 100.

La grêle. La Bretagne fait partie des régions où la grêle est la plus fréquente (5 à 10 jours par an).

Les températures moyennes annuelles enregistrées sont de 10,9 °C. Les mois les plus chauds sont juillet et août (18° de moyenne). Le nombre moyen de jours avec fortes gelées ( $T_n \leq -5^\circ\text{C}$ ) s'élève à 2,2 jours en moyenne par an. Il est à noter que le gel ( $T_n \leq 0^\circ\text{C}$ ) est présent 25,5 jours en moyenne par an.

Le climat du secteur est caractérisé par deux régimes de vents principaux que sont les vents de Sud-Ouest et de Nord Nord-Est. La rose des vents et le tableau de répartition des fréquences d'apparition des vitesses de vent ci-dessous représentent ce climat.



La rose des vents de la station de Pontivy montre une prédominance des vents de sud-ouest à ouest tant en fréquence qu'en vélocité. Viennent ensuite les vents du secteur nord dans une moindre mesure.

Ces données sont cohérentes avec les données issues d'un mât de mesure installé sur la commune de Bréhan (à 4,5 km de l'aire d'étude) de 2007 à 2010.

La fréquence des vents violents<sup>1</sup> - jours pendant lesquels on enregistre des rafales dont la vitesse est supérieure à 58 km/h - est assez faible : 24 jours environ par an, pour la station de Pontivy. Il est à noter que les régions les plus exposées aux vents violents le sont une centaine de jours par an.

Selon les statistiques 1987-2000 (sources), la station de Plouguenast a enregistré une rafale maximale de 34m/s. Le vent moyen est de 4 m/s en moyenne par an. Les mois les plus ventés sont décembre, janvier et février avec des valeurs ne dépassant pas les 5 m/s. Les mois les moins ventés s'étalent de mai à octobre avec des valeurs ne descendant pas en-dessous de 3 m/s.

La relative constance des vents observée sur le secteur d'implantation constitue un paramètre favorable à l'implantation des éoliennes.

### III.2.2. RISQUES NATURELS

#### III.2.2.1. Sismicité

Depuis 2010 la France s'est dotée d'un nouveau zonage sismique qui divise le territoire national en 5 zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence de séismes. Ce zonage, ainsi que le règlement y afférant sont fixés à l'article R562-1 à R563-8 et D563-8-1 du code de l'environnement ainsi que par l'arrêté du 22 octobre 2010. Les 5 zones sont divisées comme suit :

- Zone 1 : sismicité très faible
- Zone 2 : sismicité faible
- Zone 3 : sismicité modérée
- Zone 4 : sismicité moyenne
- Zone 5 : sismicité forte

Selon la nomenclature établie à l'article D563-8-1 du code de l'environnement, l'ensemble du département des Côtes d'Armor est situé en zone de sismicité faible (zone 2, cf carte ci-dessous). En conséquence, la commune de Plumieux sur laquelle se trouve le projet de parc éolien de Keranna, est située en zone 2, correspondant à un risque « faible ».

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



| Type de catastrophe  | Début le   | Fin le     | Arrêté du  | Sur le JO du |
|--|------------|------------|------------|--------------|
| Tempête  | 15/10/1987 | 16/10/1987 | 22/10/1987 | 24/10/1987   |
| Inondations et coulées de boue   | 15/01/1988 | 15/02/1988 | 07/04/1988 | 21/04/1988   |
| Inondations et coulées de boue   | 17/01/1995 | 31/01/1995 | 06/02/1995 | 08/02/1995   |
| Inondations et coulées de boue   | 16/06/1997 | 16/06/1997 | 12/03/1998 | 28/03/1998   |
| Inondations et coulées de boue   | 16/08/1997 | 16/08/1997 | 12/03/1998 | 28/03/1998   |
| Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues | 25/12/1999 | 29/12/1999 | 29/12/1999 | 30/12/1999   |
| Inondations et coulées de boue   | 05/01/2001 | 05/01/2001 | 12/02/2001 | 23/02/2001   |

## Commune de Saint-Etienne-du-Gué-de-L'Isle

| Type de catastrophe  | Début le   | Fin le     | Arrêté du  | Sur le JO du |
|--|------------|------------|------------|--------------|
| Tempête  | 15/10/1987 | 16/10/1987 | 22/10/1987 | 24/10/1987   |
| Inondations et coulées de boue   | 15/01/1988 | 15/02/1988 | 07/04/1988 | 21/04/1988   |
| Inondations et coulées de boue   | 16/08/1997 | 16/08/1997 | 12/03/1998 | 28/03/1998   |
| Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues | 25/12/1999 | 29/12/1999 | 29/12/1999 | 30/12/1999   |

Figure 9 : Arrêtés portant reconnaissance de catastrophe naturelle (source prim.net mise à jour le 30/01/2015)

## III.2.2.3. Foudre

A l'échelle régionale, les stations mesurant ces paramètres en Bretagne sont pour la plupart localisées sur le littoral. La station de Lorient, qui est la plus proche des projets, fait état de 10 jours par an avec présence d'orages. Globalement, les régions les plus exposées aux orages sont celles dont le nombre de jours par an avec orage dépasse 25. On peut donc considérer que les orages sont rares sur cette partie du territoire métropolitain.

A l'échelle locale et d'après les données de Météorage à partir des données du réseau de détection des impacts de foudre sur la période 2000-2009, la commune de Plumieux présente trois jours d'orage par an. Cependant, le critère du nombre de jours d'orage ne caractérise pas l'importance des orages. La meilleure représentation de l'activité orageuse est la densité d'arcs (Da) qui est le nombre d'arcs de foudre au sol par km<sup>2</sup> et par an. La commune de Plumieux présente une densité de 0.22 arcs. A titre de comparaison, la valeur moyenne de la densité d'arcs, en France, est de 1,67 arcs / km<sup>2</sup> / an.

## III.2.2.4. Tempête

L'historique des catastrophes naturelles liées au climat, répertoriées au sein de l'aire d'étude éloignée, est bref et se réduit à un seul arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle lié à la tempête du 15 Octobre 1987, qui concerne l'ensemble des aires d'études rapprochée et éloignée. La tempête de fin décembre 1999 ayant frappé la France et une partie de l'Europe n'a fait tomber aucune éolienne, et au regard des données disponibles lors de la rédaction de cette étude, les tempêtes de 2010 et 2013 non plus.

## III.2.2.5. Inondations

Les communes concernées par l'aire d'étude (Plumieux et Saint-Etienne-du-Gué-de-L'Isle) présentent un unique risque majeur lié à l'eau, à savoir le risque d'inondation (simple, ou par ruissellement et coulées de boues). L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau. Le risque d'inondation est la conséquence de deux composantes : l'eau qui peut sortir de son lit habituel d'écoulement et l'homme qui s'installe dans l'espace alluvial pour y implanter toutes sortes de constructions, d'équipements et d'activités.

Les communes de l'aire d'étude sont concernées par plusieurs arrêtés de catastrophes naturelles qui concernent les inondations et coulées de boues décrits précédemment en III.2.2.2.

De part la situation topographique (zones d'implantation sur les points hauts), les aménagements ne sont pas concernés par le risque d'inondations ou de coulées de boues.

### III.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

#### III.3.1. VOIES DE COMMUNICATION

##### Transport routier :

Le secteur est traversé par de nombreuses départementales secondaires. Les plus proches de l'aire d'étude sont :

- la RD 14 relie La Trinité-Porhoët à La Chèze et passe au nord de l'aire d'étude à environ 3 kilomètres.
- la RD 66, relie Plumieux au lieu-dit « Laleuf » (commune de Saint-Etienne-du-Gué-de-l'Isle) et passe à proximité immédiate au sud de l'aire d'étude.
- La RD 778 relie Les Forges à La Chèze à environ un kilomètre environ à l'Ouest de l'aire d'étude.

|    | RD 14    | RD 778   | RD 66    |
|----|----------|----------|----------|
| E1 | 3,472 km | 0,826 km | 1,706 km |
| E2 | 3,355 km | 1,062 km | 1,432 km |
| E3 | 3,320 km | 1,305 km | 1,129 km |
| E4 | 3,431 km | 1,369 km | 0,800 km |
| E5 | 3,740 km | 1,420 km | 0,510 km |

Tableau 3. Distances par rapport à chaque éolienne

Selon l'atlas des infrastructures économiques des Côtes d'Armor, les D 778, D 66 et D 14 sont respectivement fréquentées à hauteur de 1437, 1789 et 1199 passages par jour en moyenne tous véhicules confondus. La part des poids lourds est respectivement de 17%, 13% et 10,6%.

Ce réseau routier est complété par un réseau de routes communales permettant de relier les hameaux et villages, ainsi que d'un maillage de chemins, desservant les parcelles agricoles. L'emprise de ces dessertes est en correspondance avec la mécanisation de l'activité agricole. L'aire d'étude des 500 mètres est ainsi traversée par plusieurs chemins d'exploitation et des routes communales non structurantes (<2000 véhicules/jour).

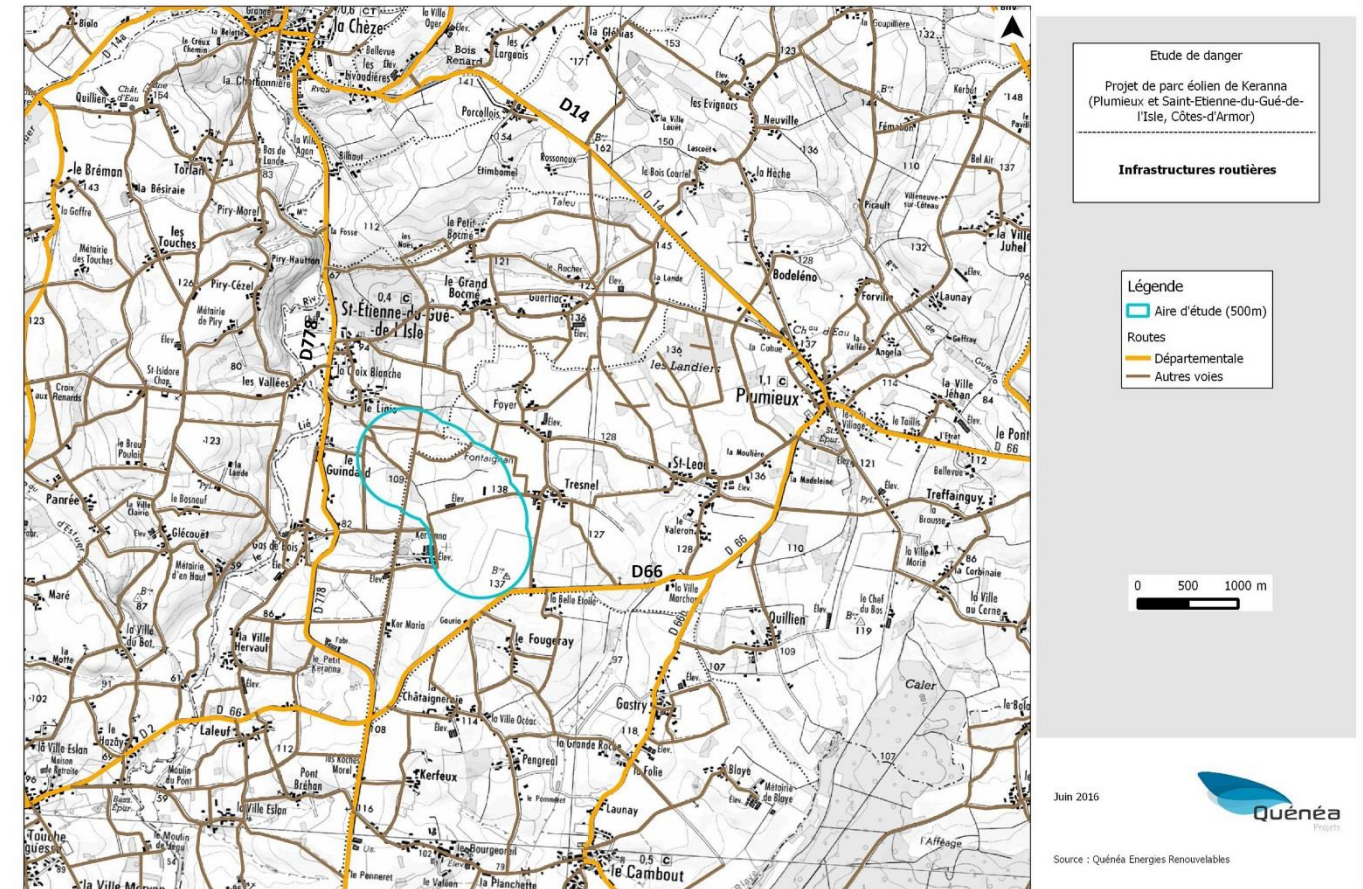


Figure 10. Infrastructures routières

##### Transport aérien :

L'aire d'étude n'est soumise à aucune servitude aéronautique civile ou radioélectrique associée à des installations de l'aviation civile. L'Armée de l'Air indique dans un courrier daté du 13 avril 2010, la présence d'un faisceau hertzien de la Gendarmerie nationale sur une partie de l'aire d'étude selon un axe nord-ouest/ sud-est traversant les lieux-dits « Saint-Leau » et « Foyer ».

L'aéroport le plus proche se trouve à Vannes.

##### Transport ferroviaire et fluviaux :

Il n'existe aucun réseau de transport ferroviaire ou fluvial dans l'aire d'étude.

### III.3.2. RESEAUX PUBLICS ET PRIVES

Aucune installation publique (transport d'électricité, canalisation de transport, réseaux d'assainissement, réseaux d'alimentation etc.) ne se trouve dans les limites de la zone d'étude.

### III.3.3. AUTRES OUVRAGES PUBLICS

Aucun autre ouvrage n'est situé dans la zone d'étude.

### III.3.4. AUTRES OUVRAGES

Dans le cadre du projet de construction du parc éolien de Keranna, il est prévu l'aménagement d'une aire de stationnement de 60 m<sup>2</sup> avec panneau d'information, accolée au poste de livraison. Cet aménagement est pris en compte dans l'évaluation des enjeux de l'aire d'étude.

L'aire de stationnement est localisée sur les cartes ci-après dans le III.4.

## III.4. SYNTHÈSE DES ENJEUX

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'étude (epp : Equivalent Personnes Permanentes).

Les hypothèses suivantes ont été prises pour le comptage des personnes exposées :

- **les exploitations agricoles** : nombres d'employés maximum sur site
- **Terrains non aménagés et très peu fréquentés** (champs, prairies ...) : 1 personne par tranche de 100 ha
- **Terrain aménagés mais peu fréquentés** (voies de circulation non structurante <2000 véhicules/jour, chemins agricoles ...) : 1 personne par tranche de 10ha
- **Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés** (Aire de stationnement) : 10 personnes à l'ha.

|    | Terrain non aménagé       |      | Terrain aménagé peu fréquenté et voie de circulation non structurante |      | Terrain aménagé fréquenté / aire de stationnement |      | Zone d'activité | Total EPP |
|----|---------------------------|------|---|------|---|------|-----------------|-----------|
|    | Surface (m <sup>2</sup> ) | epp  | Surface(m <sup>2</sup> )  | epp  | Surface(m <sup>2</sup> )                          | epp  | epp             |           |
| E1 | 770434                    | 0,77 | 14964   | 0,15 | 0   | 0    | 0               | 0,92      |
| E2 | 774038                    | 0,77 | 11360   | 0,11 | 0   | 0    | 0               | 0,89      |
| E3 | 778870                    | 0,78 | 6468  | 0,06 | 60  | 0,06 | 3               | 3,90      |
| E4 | 779990                    | 0,78 | 5348  | 0,05 | 60  | 0,06 | 7               | 7,89      |
| E5 | 781314                    | 0,78 | 4024  | 0,04 | 60  | 0,06 | 9               | 9,88      |

Tableau 4. Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude

Ce tableau de synthèse permet d'identifier les enjeux à protéger en prenant en compte le nombre de personnes exposées.

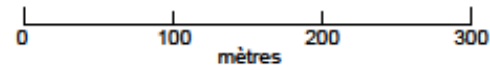
Les cartes présentées ci-dessous permettent d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans la zone d'étude.



Projet éolien de Keranna  
Commune de Plumieux et de Saint Etienne du Gué de l'Isle (22)

Etude de Dangers  
**CARTE ENJEUX | EOLIENNE 1**

| LEGENDE |  |
|---------|--|
|         | EOLIENNE                                 |
|         | LIMITE CADASTRALE ENTRE PARCELLES        |
|         | CABLAGE ENTERRE INTER-EOLIENNES          |
|         | CHEMINS A CREER OU A RENFORCER           |
|         | PLATEFORMES                              |
|         | FONDATIONS                               |
|         | POSTE DE LIVRAISON                       |
|         | AIRE DE STATIONNEMENT                    |
| ENJEUX  |  |
|         | BÂTI DUR D'APRES CADASTRE                |
|         | BÂTI LEGER D'APRES CADASTRE              |
|         | AXES DE CIRCULATION                      |
|         | PARCELLES NON AMENAGEES                  |
|         | PARCELLES AMENAGEES MAIS PEU FREQUENTEES |
|         | AIRE D'ETUDE (500 m)                     |



|  |   |
|--|---|
| MAÎTRES D'OUVRAGES   |   |
| KERANNA ENERGIES<br>12-14 Place du Champ de Foire<br>29 270 CARIHAZ - PLOUGUER TEL 02 96 99 47 62  |   |
| PROJET   |   |
| IMPLANTATION DE 8 SOLENNES + 1 POSTE DE LIVRAISON ELECTRIQUE<br>SOLENNES N°1 - Le Lino 22210 St Etienne du Gué de l'Isle<br>SOLENNES N°2 - Le Lino 22210 PLUMIEUX<br>SOLENNES N°3 - Trézel Quent 22210 PLUMIEUX<br>SOLENNES N°4 - Ker Anna 22210 PLUMIEUX<br>POSTE DE LIVRAISON ELIC Trézel Quent 22210 PLUMIEUX |   |
|  | RESPONSABLE D'ETUDE:<br>QUENEA ENERGIES RENOUVELABLES<br>FAIT A CARIHAZ LE 14 DE 16 |

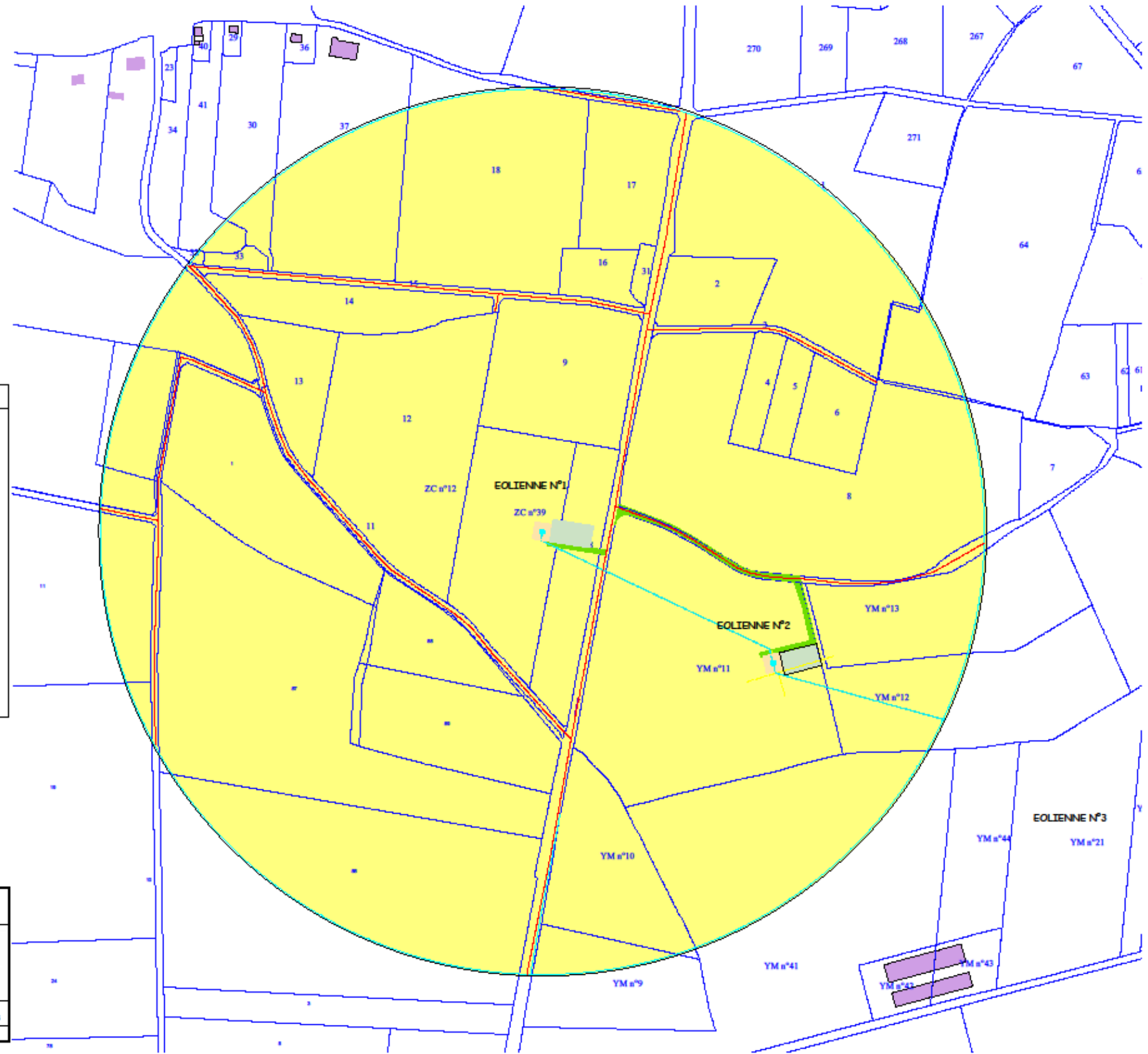


Figure 11. Carte des enjeux-éolienne 1

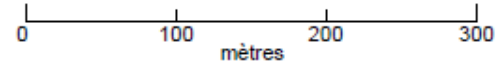




Projet éolien de Keranna  
Commune de Plumieux et de Saint Etienne du Gué de l'Isle (22)

Etude de Dangers  
**CARTE DES ENJEUX | EOLIENNE 2**

| LEGENDE |  |
|---------|--|
|         | EOLIENNE                                 |
|         | LIMITE CADASTRALE ENTRE PARCELLES        |
|         | CABLAGE ENTERRE INTER-EOLIENNES          |
|         | CHEMINS A CREER OU A RENFORCER           |
|         | PLATEFORMES                              |
|         | FONDACTIONS                              |
|         | POSTE DE LIVRAISON                       |
|         | AIRE DE STATIONNEMENT                    |
| ENJEUX  |  |
|         | BÂTI DUR D'APRES CADASTRE                |
|         | BÂTI LEGER D'APRES CADASTRE              |
|         | AXES DE CIRCULATION                      |
|         | PARCELLES NON AMENAGEES                  |
|         | PARCELLES AMENAGEES MAIS PEU FREQUENTEES |
|         | AIRE D'ETUDE (500 m)                     |



|   |  |
|---|--|
| MAITRES D'OUVRAGES  |  |
| KERANNA ENERGIES<br>12-14 Place du Champ de Poire<br>29 270 CARHAIX - PLOUGUER TEL 02 98 99 47 62   |  |
| PROJET  |  |
| IMPLANTATION DE 5 EOLIENNES +<br>1 POSTE DE LIVRAISON ELECTRIQUE  |  |
| EOLIENNE N°1 : La Lizio 22210 ST Etienne du Gué de l'Isle<br>EOLIENNE N°2 : La Lizio 22210 PLUMIEUX<br>EOLIENNE N°3 : Thearé Couët 22210 PLUMIEUX<br>EOLIENNE N°4 : Thearé Couët 22210 PLUMIEUX<br>EOLIENNE N°5 : Kar Anna 22210 PLUMIEUX |  |
| POSTE DE LIVRAISON ELIC: Thearé Couët 22210 PLUMIEUX  |  |
| RESPONSABLE D'ETUDE:<br>QUENEA ENERGIES RENOUVELABLES   |  |
| FAIT A CARHAIX LE 14 06 16  |  |

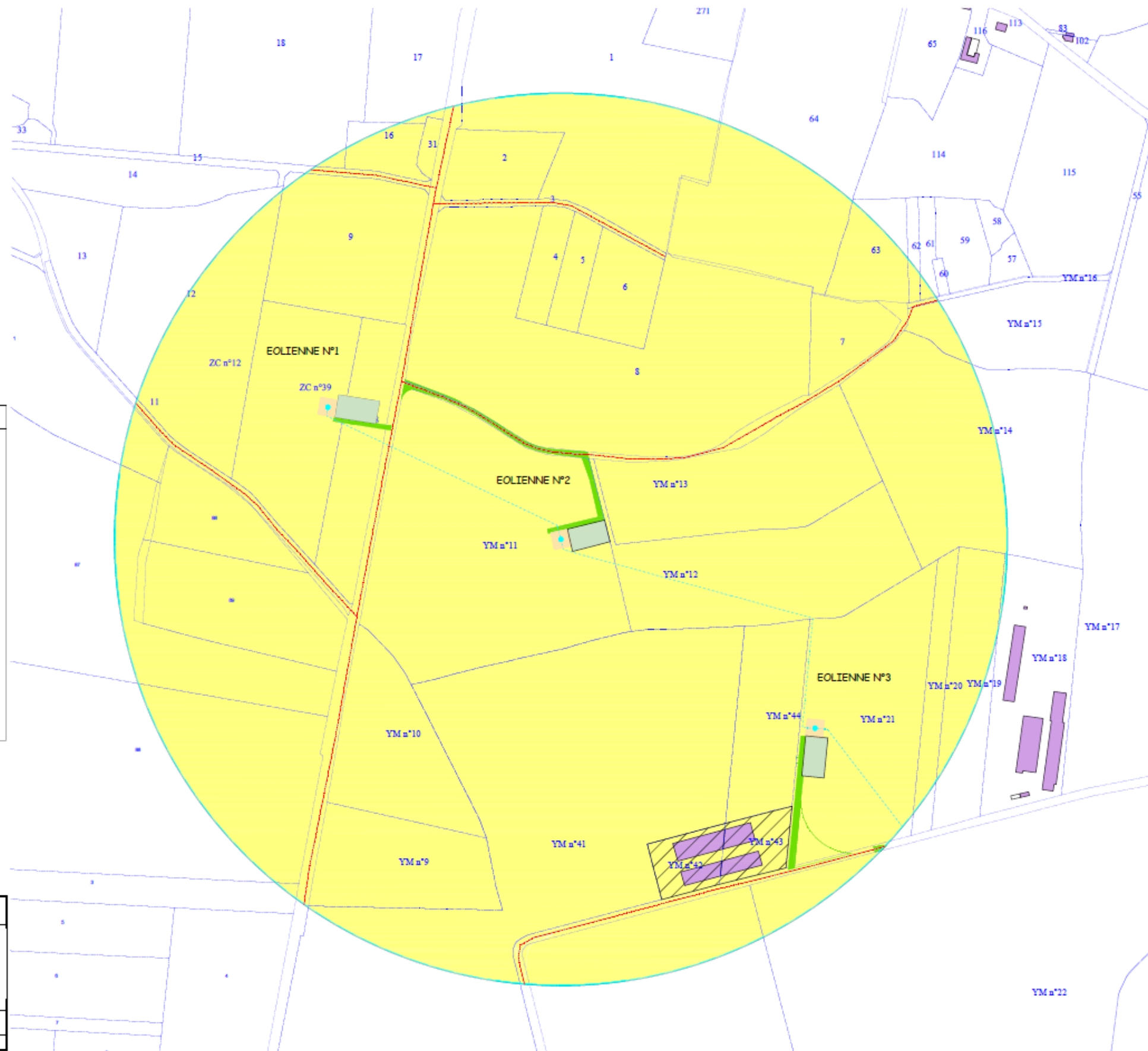


Figure 12. Carte des enjeux-éolienne 2

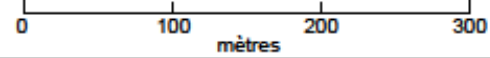


Projet éolien de Keranna  
Commune de Plumieux et de Saint Etienne du Gué de l'Isle (22)

Etude de Dangers  
**CARTE DES ENJEUX | EOLIENNE 3**

**LEGENDE**

- EOLIENNE
  - LIMITE CADASTRALE ENTRE PARCELLES
  - CABLAGE ENTERRE INTER-EOLIENNES
  - CHEMINS A CREER OU A RENFORCER
  - PLATEFORMES
  - FONDATIONS
  - POSTE DE LIVRAISON
  - AIRE DE STATIONNEMENT
- ENJEUX**
- BÂTI DUR D'APRES CADASTRE
  - BÂTI LEGER D'APRES CADASTRE
  - AXES DE CIRCULATION
  - PARCELLES NON AMENAGEES
  - PARCELLES AMENAGEES MAIS PEU FREQUENTEES
  - AIRE D'ETUDE (500 m)



|   |  |
|---|--|
| <b>MAITRES D'OUVRAGES</b>   |  |
| KERANNA ENERGIES<br>12-14 Place du Champ de Foire<br>29 270 CARHAIX - PLOUGUER TEL 02 96 99 47 62 |  |
|   |  |
| <b>PROJET</b>   |  |
| IMPLANTATION DE 8 EOLIENNES + 1 POSTE DE LIVRAISON ELECTRIQUE                                     |  |
| EOLIENNE n°1 - La Lino 22210 St Etienne du Gué de l'Isle  |  |
| EOLIENNE n°2 - La Lino 22210 PLUMIEUX   |  |
| EOLIENNE n°3 - Trénel Ouest 22210 PLUMIEUX  |  |
| EOLIENNE n°4 - Trénel Ouest 22210 PLUMIEUX  |  |
| EOLIENNE n°5 - Trénel Ouest 22210 PLUMIEUX  |  |
| EOLIENNE n°6 - Trénel Ouest 22210 PLUMIEUX  |  |
| EOLIENNE n°7 - Trénel Ouest 22210 PLUMIEUX  |  |
| EOLIENNE n°8 - Trénel Ouest 22210 PLUMIEUX  |  |
| POSTE DE LIVRAISON ELECTRIQUE - Trénel Ouest 22210 PLUMIEUX                                       |  |
| RESPONSABLE D'ETUDE:<br>QUENEA ENERGIES RENOUVELABLES<br>FAIT A CARHAIX LE 14 DE 16               |  |

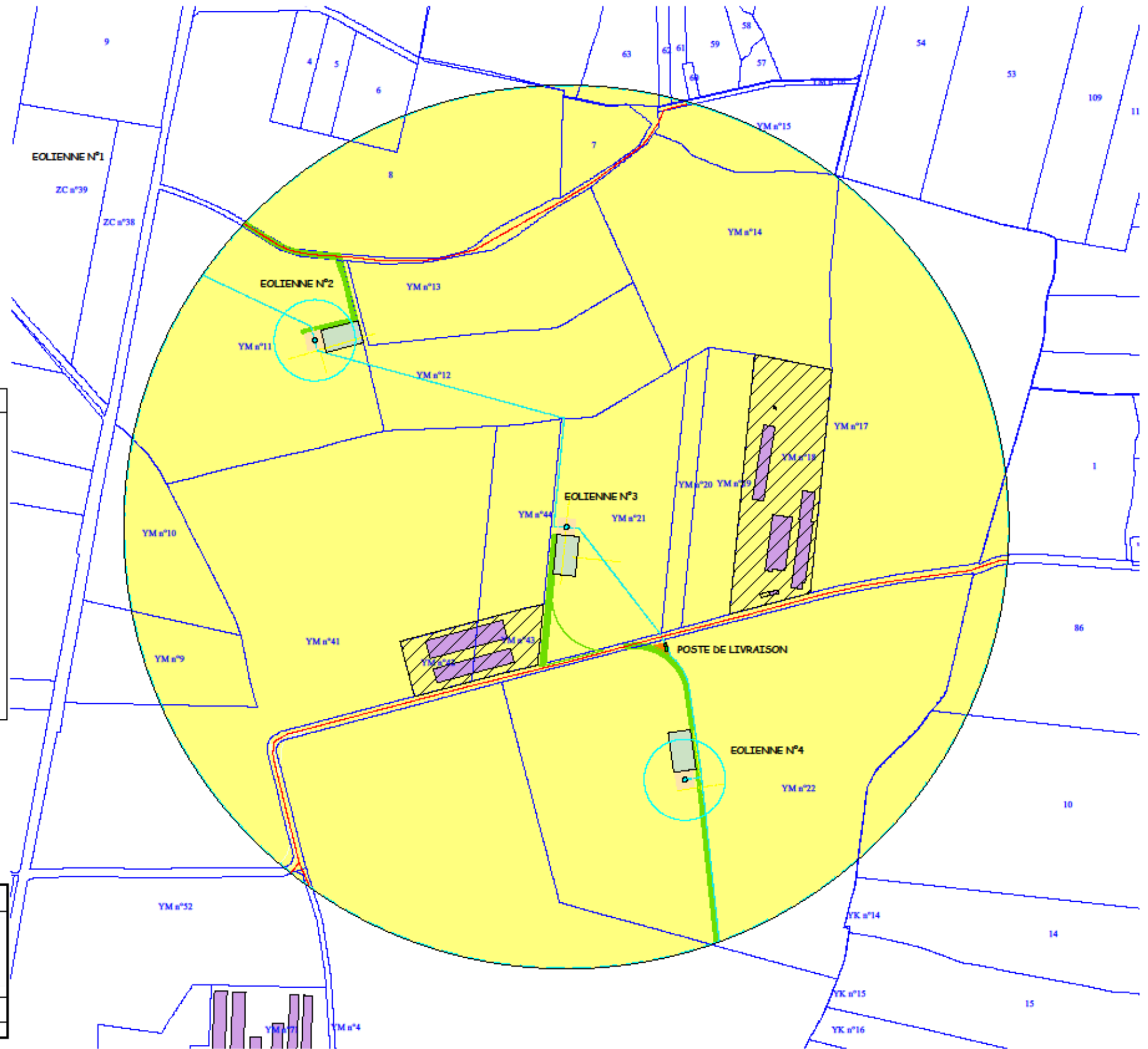


Figure 13. Carte des enjeux-éolienne 3



Projet éolien de Keranna  
Commune de Plumieux et de Saint Etienne du Gué de l'Isle (22)

Etude de Dangers  
**CARTE DES ENJEUX | EOLIENNE 4**

| LEGENDE |  |
|---------|--|
|         | EOLIENNE                                 |
|         | LIMITE CADASTRALE ENTRE PARCELLES        |
|         | CABLAGE ENTERRE INTER-EOLIENNES          |
|         | CHEMINS A CREER OU A RENFORCER           |
|         | PLATEFORMES                              |
|         | FONDATIONS                               |
|         | POSTE DE LIVRAISON                       |
|         | AIRE DE STATIONNEMENT                    |
| ENJEUX  |  |
|         | BÂTI DUR D'APRES CADASTRE                |
|         | BÂTI LEGER D'APRES CADASTRE              |
|         | AXES DE CIRCULATION                      |
|         | PARCELLES NON AMENAGEES                  |
|         | PARCELLES AMENAGEES MAIS PEU FREQUENTEES |
|         | AIRE D'ETUDE (500 m)                     |

0 100 200 300  
mètres

|   |  |
|---|--|
| MAITRES D'OUVRAGES  |  |
| KERANNA ENERGIES<br>12-14 Place du Champ de Foire<br>29 270 CARHAIX - PLOUGUER TEL 02 96 99 47 62   |  |
| PROJET  |  |
| IMPLANTATION DE 5 EOLIENNES + 1 POSTE DE LIVRAISON ELECTRIQUE<br>EOLIENNE n°1 - La Lino 22210 St Etienne du Gué de l'Isle<br>EOLIENNE n°2 - La Lino 22210 PLUMIEUX<br>EOLIENNE n°3 - Trénel Ouest 22210 PLUMIEUX<br>EOLIENNE n°4 - Trénel Ouest 22210 PLUMIEUX<br>EOLIENNE n°5 - Ker Anon 22210 PLUMIEUX<br>POSTE DE LIVRAISON auto Trénel Ouest 22210 PLUMIEUX |  |
| RESPONSABLE D'ETUDE:<br>QUENEA ENERGIES RENOUVELABLES<br>FAIT A CARHAIX LE 14 DE 16   |  |

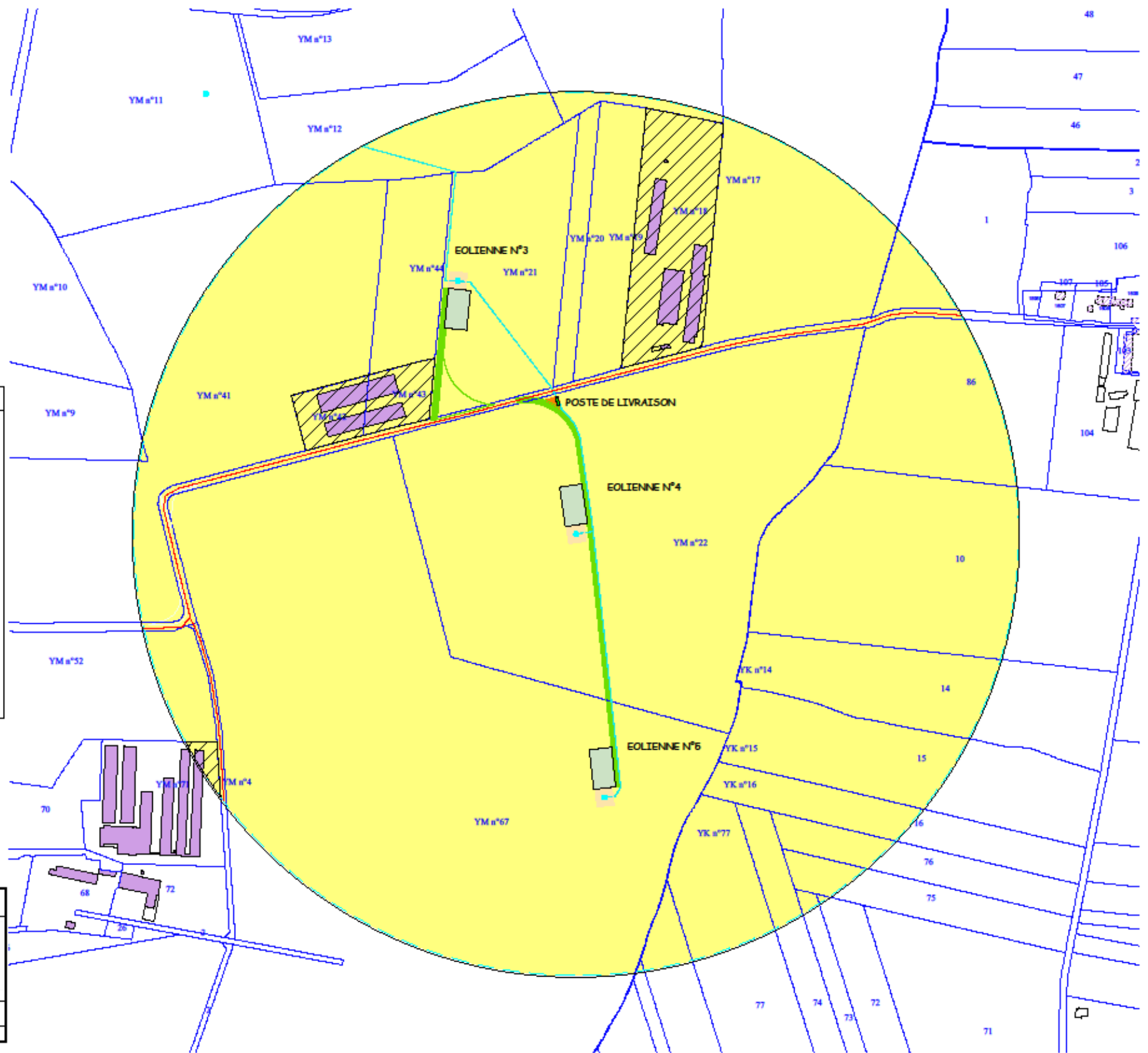


Figure 14. Carte des enjeux-éolienne 4

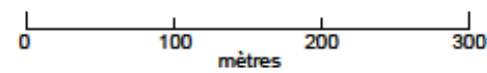


Projet éolien de Keranna  
Commune de Plumieux et de Saint Etienne du Gué de l'Isle (22)

Etude de Dangers  
**CARTE DES ENJEUX | EOLIENNE 5**

**LEGENDE**

- EOLIENNE
  - LIMITE CADASTRALE ENTRE PARCELLES
  - CABLAGE ENTERRE INTER-EOLIENNES
  - CHEMINS A CREER OU À RENFORCER
  - PLATEFORMES
  - FONDATIONS
  - POSTE DE LIVRAISON
  - AIRE DE STATIONNEMENT
- ENJEUX**
- BÂTI DUR D'APRES CADASTRE
  - BÂTI LEGER D'APRES CADASTRE
  - AXES DE CIRCULATION
  - PARCELLES NON AMENAGEES
  - PARCELLES AMENAGEES MAIS PEU FREQUENTEES
  - AIRE D'ETUDE (500 m)



|  |  |
|--|--|
| MAITRES D'OUVRAGES   |  |
| KERANNA ENERGIES<br>12-14 Place du Champ de Foire<br>29 270 CARHAIX - PLOUGUER TEL 02 98 99 47 62  |  |
| PROJET   |  |
| IMPLANTATION DE 5 EOLIENNES +<br>1 POSTE DE LIVRAISON ELECTRIQUE<br>EOLIENNE N°1 - Le Liro 22210 St Etienne du Gué de l'Isle<br>EOLIENNE N°2 - Le Liro 22210 PLUMIEUX<br>EOLIENNE N°3 - Trézel Ouest 22210 PLUMIEUX<br>EOLIENNE N°4 - Trézel Ouest 22210 PLUMIEUX<br>EOLIENNE N°5 - Mer Anna 22210 PLUMIEUX<br>POSTE DE LIVRAISON ELIC Trézel Ouest 22210 PLUMIEUX |  |
| RESPONSABLE D'ETUDE:<br>QUENEA ENERGIES RENOUVELABLES<br>FAIT A CARHAIX LE 14 06 16  |  |

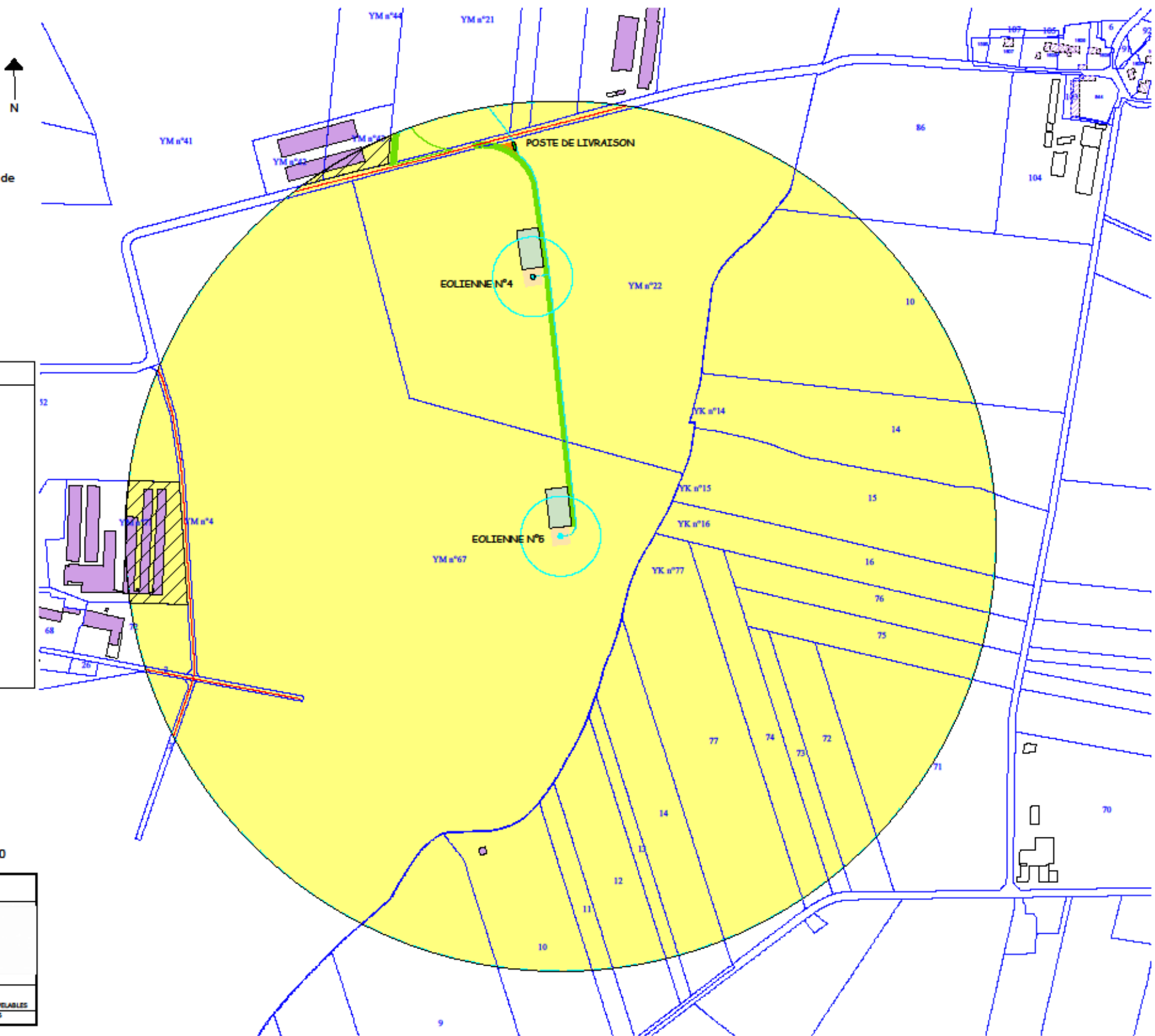


Figure 15. Carte des enjeux-éolienne 5

### III.5. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

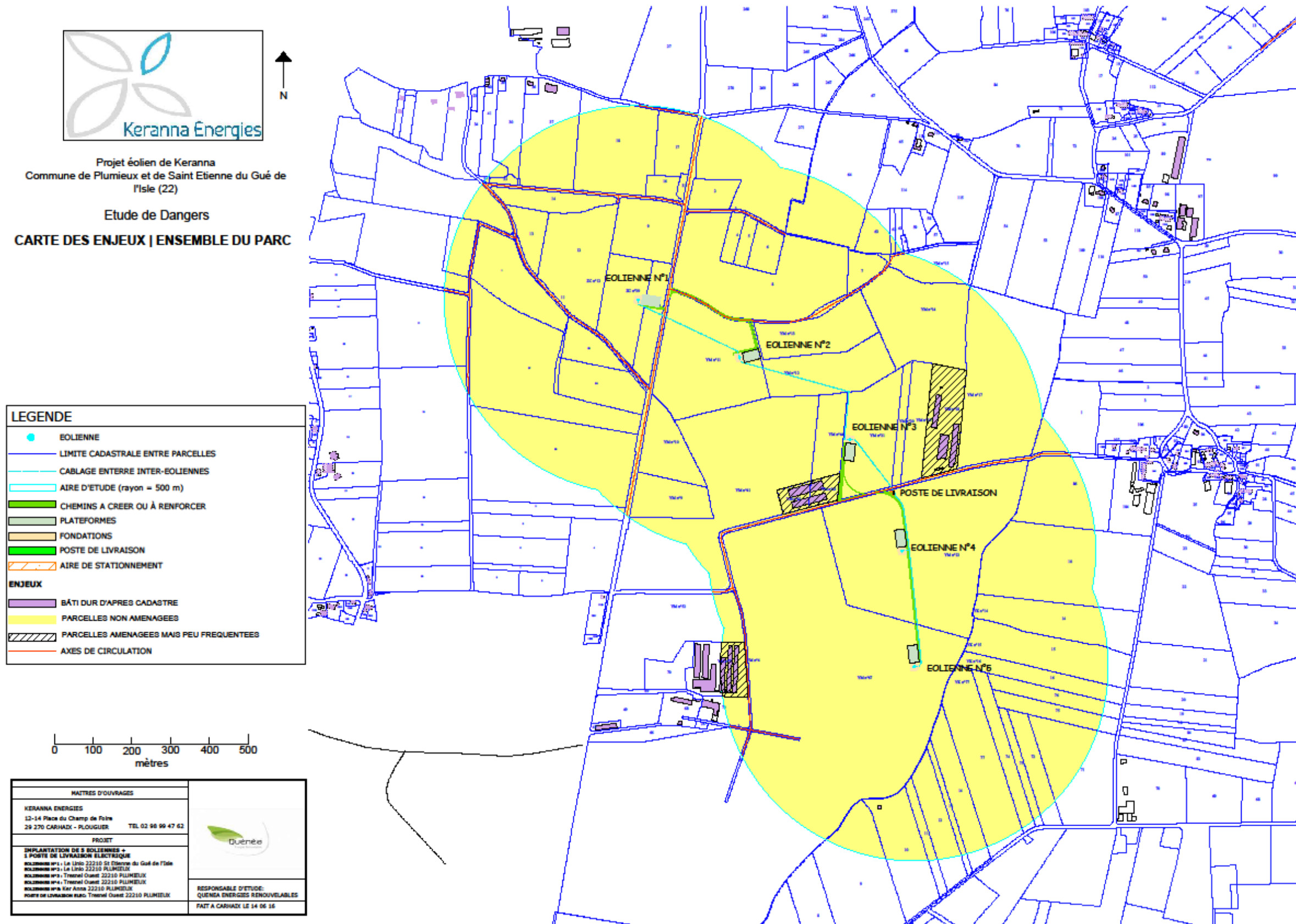


Figure 16. Carte des enjeux au sein de l'aire d'étude

## IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

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

#### IV.1.1. CARACTERISTIQUES GÉNÉRALES DU PARC ÉOLIEN

Le parc éolien de Keranna est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent composé :

**De 5 éoliennes** fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée «plateforme» ou «aire de grutage».

Les éoliennes sont composées : d'un rotor composé de trois pales, d'une nacelle supportant le rotor et abritant le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique et d'un mât qui supporte l'ensemble {nacelle + rotor} et qui abrite le transformateur permettant d'élever la tension électrique de l'éolienne à celle du réseau public de distribution.

Grâce aux informations transmises par les instruments de mesure placés au-dessus de la nacelle et lorsque la vitesse du vent est suffisante (2,5 m/s minimum), les pales de l'éolienne se positionnent pour être continuellement face au vent et se mettent en mouvement.

La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique. En cas de fortes vitesses de vent, l'éolienne dispose de deux systèmes de freinage afin de permettre la mise en sécurité de l'éolienne.

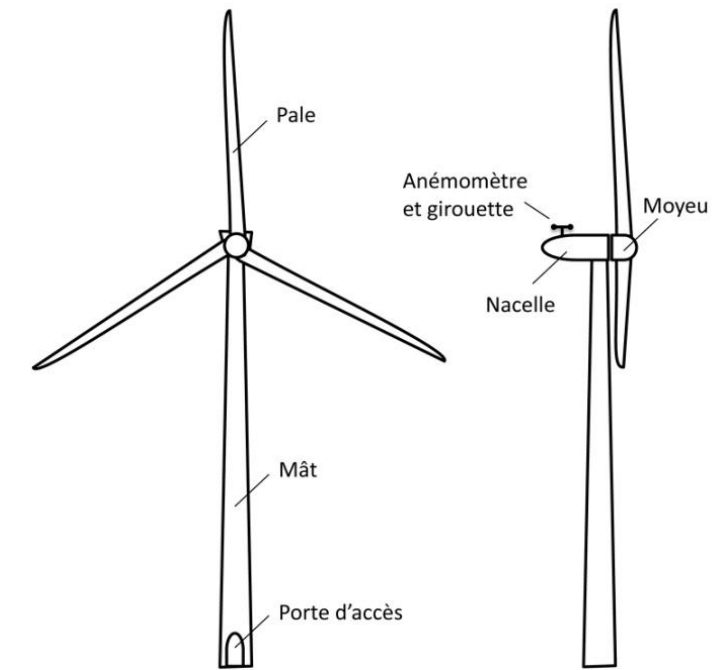


Figure 17. Schéma simplifié d'un aérogénérateur

Le parc éolien de Keranna se compose :

- De 5 éoliennes qui seront toutes du même modèle. A ce stade d'avancement, trois types d'éoliennes de trois fabricants différents sont retenus par Keranna Energies pour ce parc éolien : V100-2MW (constructeur VESTAS), MM100-2MW (constructeur SENVION) ou E92-2,35MW (constructeur ENERCON). Le choix définitif du fabricant d'éolienne se fera après l'obtention des autorisations pour construire et exploiter le parc éolien, en fonction de critères économiques et de disponibilité de ces modèles d'éolienne.

- D'un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le poste de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien »). Les tensions dans les câbles souterrains ont une tension de 20 000 volts, pour une section de 240 mm<sup>2</sup> Al maximum.



Figure 18. Enfouissement de câbles (Crédit photo : Quénéa)

- D'un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au poste de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité).
- D'un réseau de chemins d'accès permettant d'accéder aux éoliennes lors de la phase de travaux du parc éolien et lors de la phase d'exploitation de ce dernier.
- De plateformes de levage de 25\*45 mètres pour chacune des 5 éoliennes.

- D'un poste de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public). Le parc éolien de Keranna est composé d'un poste de livraison d'une puissance maximale de 11,75 MW, ainsi qu'une aire de stationnement réservée aux techniciens pour l'entretien et la maintenance.



Figure 19. Aperçu du type de poste de livraison (Crédit photo : Quénéa)

La carte suivante reprend l'emprise au sol des différents éléments du parc éolien :

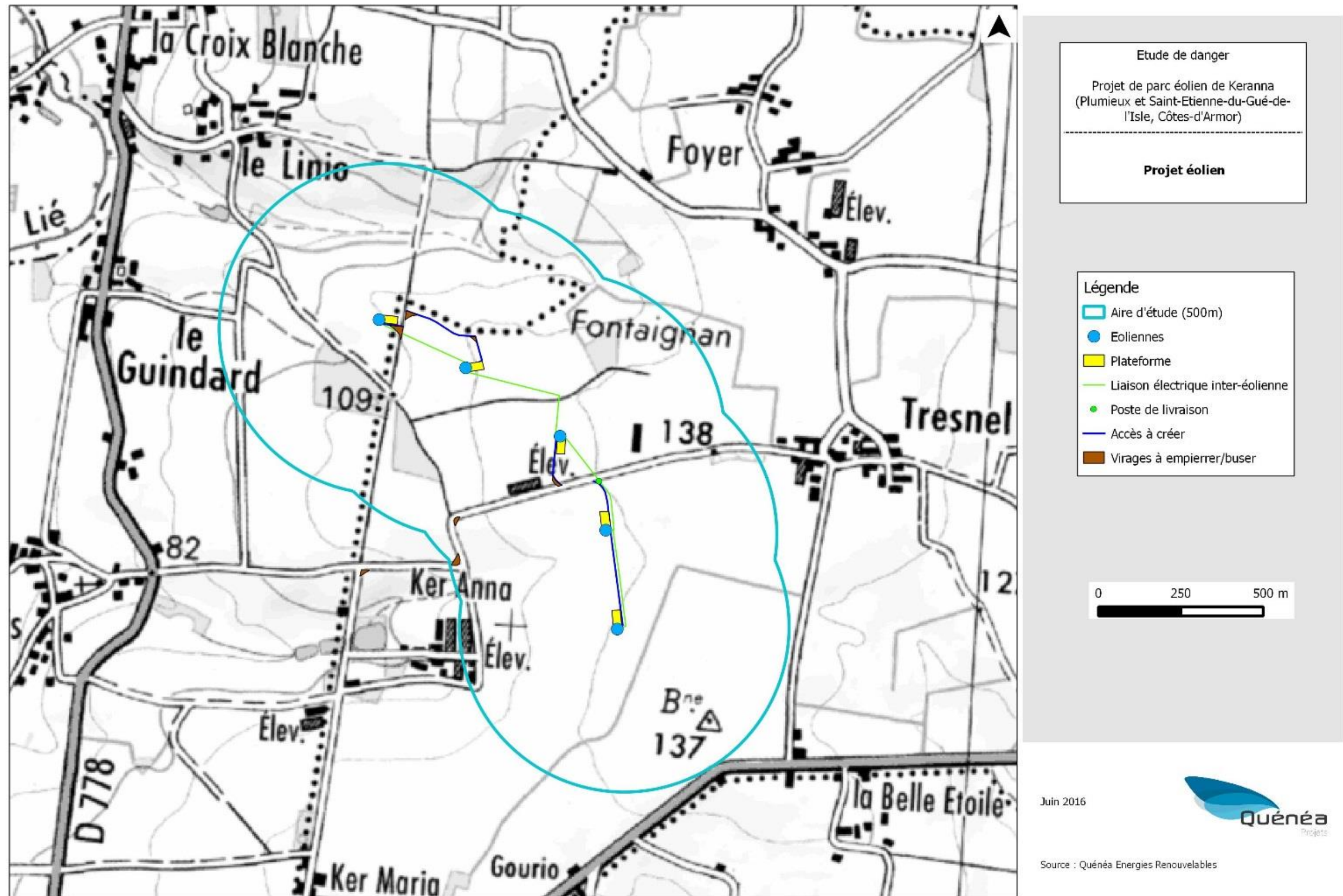


Figure 20. Emprise au sol des éléments du parc éolien Keranna



#### IV.1.2. ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien Keranna est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent. Le parc se compose de 5 aérogénérateurs d'une hauteur de moyeu de 104 mètres maximum et de 150 mètres en bout de pales maximum, l'installation est donc soumise à la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

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

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

L'installation se compose de 5 aérogénérateurs, d'un poste de livraison électrique et de réseaux souterrains HT et de fibre optique.

##### Caractéristique des aérogénérateurs :

L'éolienne E1 est implantée sur la commune de Saint Etienne du Gue de l'Isle. Les éoliennes E2, E3, E4, E5 et le poste de livraison sont implantés sur la commune de Plumieux.

Les éoliennes ont une puissance unitaire comprise entre 2 MW et 2,35 MW suivant le modèle qui sera retenu.

La puissance du parc éolien sera comprise entre 10 et 11,75 MW maximum.

Chaque éolienne a un diamètre compris entre 92 et 100 m et une hauteur totale de 150 mètres maximum.

Il appartiendra à la société Keranna Energies de faire le choix du fabricant après l'obtention des autorisations administratives. Les principales caractéristiques de ces modèles sont les suivantes :

|   | Vestas V100 | Senvion MM100 | Enercon E92 |
|---|-------------|---------------|-------------|
| <b>Puissance unitaire (MW)</b>          | 2           | 2             | 2,35        |
| <b>Hauteur totale des éoliennes (m)</b> | 150         | 150           | 150         |
| <b>Hauteur de mât (m)</b>               | 100         | 100           | 104         |
| <b>Diamètre rotor (m)</b>               | 100         | 100           | 92          |
| <b>Longueur des pales (m)</b>           | 49          | 48,9          | 43,8        |

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison :

| Numéro éolienne    | Projection en système Lambert 93 CC48 |            | Altitude TN   |
|--------------------|---------------------------------------|------------|---------------|
|                    | X                                     | Y          | en mètres NGF |
| 1                  | 1280387,97                            | 7225836,81 | 110,61        |
| 2                  | 1280649,12                            | 7225688,63 | 119,17        |
| 3                  | 1280933,87                            | 7225476,99 | 128,16        |
| 4                  | 1281067,81                            | 7225190,45 | 127,75        |
| 5                  | 1281099,87                            | 7224892,15 | 130,62        |
| Poste de livraison | 1281046                               | 7225340    | 130           |

Le plan ci-dessous illustre les emprises au sol pour le parc éolien de Keranna avec les éoliennes correspondant au gabarit maximum de 100 mètres de diamètre de rotor.

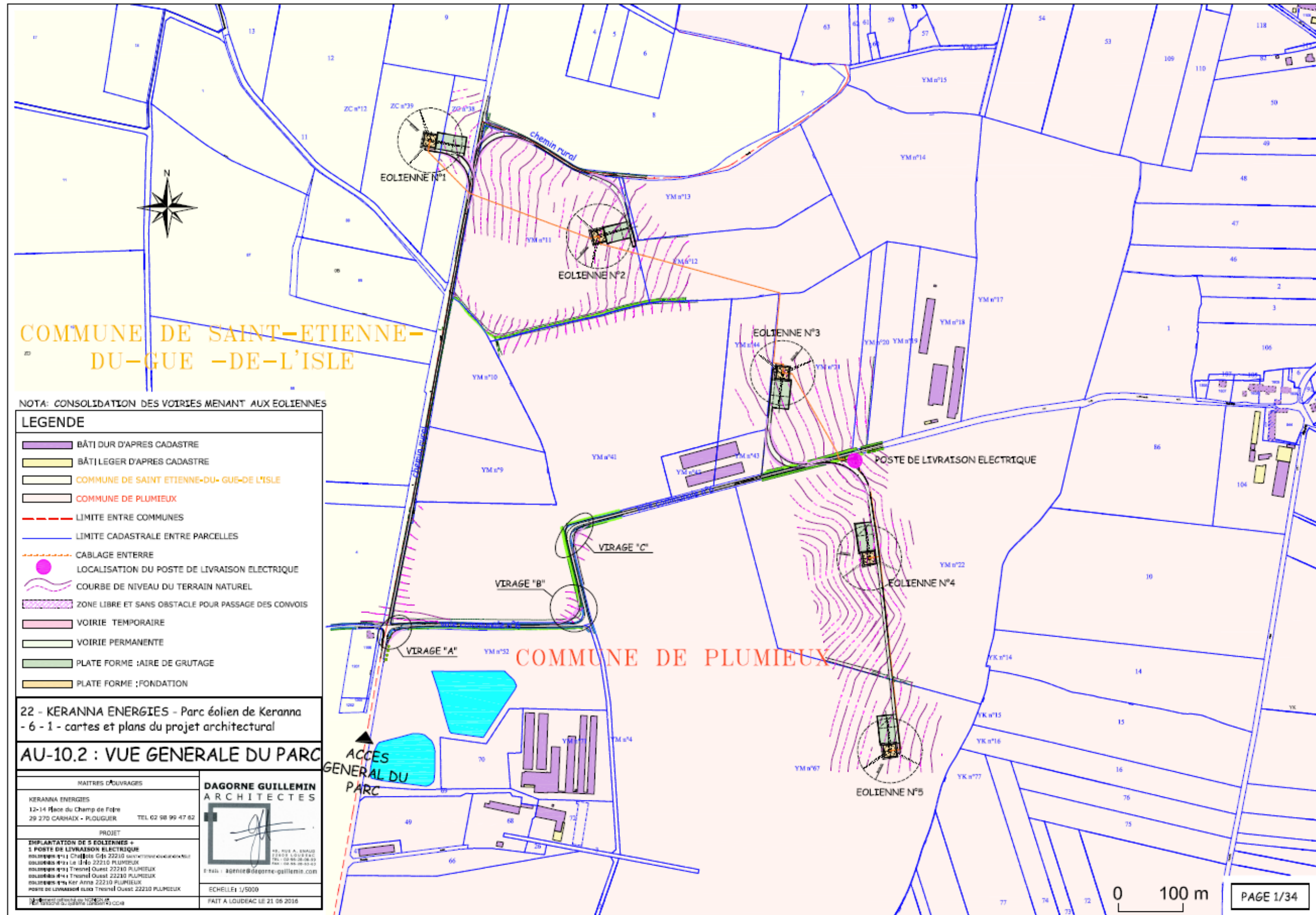


Figure 21. Emprise au sol du projet de parc éolien Keranna (gabarit maximal des éoliennes)

## IV.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

### IV.2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'**anémomètre** (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 2 m/s, et c'est seulement lorsque l'éolienne atteint sa vitesse de couplage au réseau qu'elle peut être couplée au réseau ErDF.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint la vitesse minimale nécessaire à la production maximale on dit que l'éolienne est à sa production nominale.

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

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, dépasse la vitesse maximale de fonctionnement, l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Des systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne. Le freinage aérodynamique agit sur l'orientation des pales en les orientant parallèles au vent (mise en drapeau des pales). Les systèmes de freinage mécanique agissent sur l'arbre de transmission à l'intérieur de la nacelle afin de ralentir ou stopper la rotation du rotor.

|                    |  |  |
|--------------------|--|--|
|                    | la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau                                    | V en courant alternatif) qui sont dirigés vers le transformateur élévateur de tension.<br>- En sortie de générateur, ces deux niveaux de tension sont élevés jusqu'à 20 000 volts par un transformateur secondaire.                  |
| Poste de livraison | Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public | - Composé d'une enveloppe béton<br>- 1 local équipement et protection 20 000 volts<br>- 1 local basse tension (supervision, téléphonie)<br>- Tension des équipements du poste de livraison : 20 000 volts et 230 volts (auxiliaires) |
| Plate-forme        | Permet le positionnement des grues nécessaires au levage et à la maintenance                               | - longueur : 45 mètres<br>- largeur : 25 mètres<br>- empiérement stabilisé pour supporter le poids des grues   |
| Câbles souterrains | Acheminer l'électricité depuis les éoliennes jusqu'au réseau de distribution via le poste de livraison     | - câbles enterrés entre 90 et 110 cm de profondeur<br>- présence d'un grillage avertisseur<br>- réseau borné et repéré<br>- tension dans les câbles : 20 000 volts   |

Tableau 5. Découpage fonctionnel de l'installation

| Élément de l'installation | Fonction   | Caractéristiques   |
|---------------------------|--|--|
| Fondation                 | Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol  | - Composé de béton armé.<br>- Fondations entre 2.5 et 3.5 mètres d'épaisseur pour un diamètre de 15 à 20 mètres.<br>- Système constitué de tiges d'ancrage.  |
| Mât                       | Supporter la nacelle et le rotor   | - Composé de 5 à 20 sections selon les constructeurs, en acier (modèles Vestas V100 et Senvion MM100) ou en béton + Acier (modèle Enercon E92) pour une hauteur d'environ 100 mètres. Tension des câbles présents dans la tour : 690 volts.  |
| Nacelle                   | Supporter le rotor, abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité | - Structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre et est équipée de fenêtres de toit permettant d'accéder à l'extérieur.<br>- La nacelle se situe au sommet de la tour et abrite les composants mécaniques, hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne<br>- Tension des équipements de la nacelle : 690 volts |
| Rotor / pales             | Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice  | - Les rotors sont composés de trois pales fixées au moyeu, en fonction de la vitesse du vent les trois pâles sont pilotées jusqu'à 90° pour optimiser le fonctionnement de l'éolienne.   |
| Transformateur            | Elever la tension de sortie de   | - Délivre deux niveaux de tension différents (690 V et 480   |

## IV.2.2. SECURITE DE L'INSTALLATION

La société Keranna Energiesveillera à ce que les solutions proposées par les différents constructeurs répondent à l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation. L'installation sera conforme vis à vis des articles de l'arrêté, notamment aux articles suivant (pour plus de détails, voire Annexe 1 – Solutions Des fabricants éolien (VESTAS, SENVION, ENERCON) pour répondre à l'arrêté du 26 août 2011) :

### Article 3

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 ;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.Cette distance est mesurée à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur.

### Article 7

Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours.Cet accès est entretenu.Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté.

### Article 10

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

Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.

### Article 11

Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile.

### Article 13

Les personnes étrangères à l'installation n'ont pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs. Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.

### Article 14

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

— les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;

- l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;
- la mise en garde face aux risques d'électrocution ;
- la mise en garde, le cas échéant, face au risque de chute de glace.

### Article 15

Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalise 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 peut excéder un an, l'exploitant réalise une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

### Article 17

Le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.

### Article 18

Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité.

Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.

La liste des codes et standards appliqués pour la construction des éoliennes, présentée ci-après, n'est pas exhaustive (il y a en effet des centaines de standards applicables). Seuls les principaux standards sont présentés ci-dessous.

| Normes   | Description   |
|--|---|
| <b>La norme IEC61400-1 intitulée « Exigence pour la conception des aérogénérateurs »</b> | Fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi, la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard : IEC61400-1. Les pales respectent le standard IEC61400-1 ; 12 ; 23. |
| <b>IEC60034</b>  | Normes de construction des génératrices   |
| <b>La norme ISO81400-4</b>   | Fixe les règles pour la conception du multiplicateur.   |
| <b>Standard IEC61400-24</b>  | Protection foudre de l'éolienne   |
| <b>Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004</b>   | Réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques   |
| <b>Norme ISO 12944</b>   | Traitement anticorrosion des éoliennes  |

## - ORGANISATION DES MOYENS DE SECOURS

Moyens internes :

Lors du déclenchement des alarmes incendie de l'éolienne, une sirène se met en route dans la nacelle et la tour, une information est envoyée par GSM en moins de 15 minutes vers le centre de télésurveillance, les pompiers et l'exploitant. L'alerte provoque la mise à l'arrêt de l'éolienne.

Moyens externes :

Les moyens d'intervention de secours ou de lutte contre les incendies sont basés sur des moyens externes (sapeurs pompiers). L'exploitant détermine un plan d'intervention en accord avec les services départementaux de secours au moment où le projet est bien avancé et que l'implantation n'est pas modifiée.

Panneaux d'information :

Des panneaux d'information seront installés à l'entrée de chaque plateforme et comporteront les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale, ainsi que les numéros d'urgence et le numéro de la personne responsable à appeler en cas d'urgence.

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

#### Dispositions générales

L'installation respectera toutes les prescriptions imposées par la réglementation et en particulier par l'arrêté Ministériel du 26 août 2011.

Cela concerne notamment :

- Etat des accès des installations (article 13 de l'arrêté du 26 août 2011) :

L'accès aux éoliennes ainsi qu'au poste de livraison est verrouillé et contrôlé. Toute personne souhaitant accéder aux infrastructures, doit respecter les procédures qui sont indiquées sur les panneaux d'affichage. Pour tout accès, il est nécessaire de contacter la hotline du service d'exploitation et d'indiquer les identités des intervenants et les raisons de la visite. La prise de connaissance par tout LE personnel du plan de prévention de l'installation est également contrôlée.

Le bon fonctionnement de ce système d'identification est contrôlé par le maintenancier lors des deux visites annuelles ainsi que par l'équipe d'exploitation lorsqu'elle se rend sur site.

- Tests avant mise en service (article 15 de l'arrêté du 26 août 2011)

Avant la mise en service du parc éolien, des tests d'arrêt d'urgence et de survitesse sont effectués sur chaque éolienne. Ces tests sont répétés une fois par an pendant toute la durée d'exploitation du parc éolien. L'ensemble de ces tests est intégré dans les protocoles de maintenance signés avec le constructeur des éoliennes.

- Contrôle du système de détection de glace (article 25 de l'arrêté du 26 août 2011)

Le système de détection de glace est spécifique à chaque constructeur. En fonction du constructeur retenu pour le parc éolien, différents systèmes peuvent être mis en œuvre. Le type de système de détection sera une exigence au moment de la conclusion du contrat avec le constructeur.

- État des ascenseurs (article 25 susmentionné)

Les ascenseurs de chaque éolienne font l'objet d'un contrôle de vérification initiale avant mise en service par un organisme de contrôle, puis font l'objet d'une vérification annuelle.

- Vérification des installations électriques et des mises à la terre (article 25 susmentionné)

L'ensemble des installations électriques fait l'objet d'un contrôle de vérification initiale avant mise en service par un organisme de contrôle. Les éoliennes et le poste de livraison sont équipés de l'ensemble des protections réglementaires permettant de garantir la sécurité électrique des installations. Les procédures d'inspection prévoient le contrôle de la fonctionnalité des organes de protection, des mises à la terre et des valeurs de prises de terre.

#### Maintenance préventive

La maintenance préventive s'organise selon le calendrier suivant :



Les contrôles réglementaires concernant les installations électriques, les équipements et accessoires de levage ou les équipements sous pression (accumulateurs hydropneumatiques) sont réalisés par des organismes agréés. Le matériel incendie est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.

La liste des opérations à effectuer sur les divers éléments ainsi que leur périodicité est définie par des procédures, elles sont énumérées ci-après (cette liste n'est pas exhaustive) :

| Composants                          | Opérations   | Calendrier |        |      |
|-------------------------------------|--|------------|--------|------|
|                                     |  | 3 mois     | 6 mois | 1 an |
| Etat général                        | Vérification propreté  | x          |        | x    |
| Moyeu                               | Inspection et vérification des boulons   | x          |        | x    |
| Pales                               | Inspection et vérification des boulons et des roulements du jeu  | x          |        | x    |
| Arbre principal (Sauf Enercon E92)  | Vérification et inspection boulons et joints d'étanchéité  | x          | x      | x    |
| Système d'orientation de la nacelle | Vérification système de lubrification/boulons  | x          |        |      |
| Tour                                | Vérification état/boulons/plateformes/câble principal  | x          |        | x    |
| Système d'inclinaison des pales     | Vérification boulons   | x          |        | x    |
| Multiplicateur                      | Vérification niveau d'huile/joints/absence de fuite  | x          | x      | x    |
| Générateur                          | Vérification câbles/boulons  | x          | x      | x    |
| Système hydraulique                 | Vérification absence de fuite  | x          |        | x    |
| Onduleur                            | Vérification de fonctionnement   | x          |        | x    |
| Nacelle                             | Vérification boulons/absence de fissures   | x          |        | x    |
| Extérieur                           | Vérification surface, nettoyage boulons et écrous  | x          |        | x    |
| Transformateur                      | Inspection du transformateur   | x          |        | x    |
| Sécurité générale                   | Inspection des câbles électriques<br>Vérification du système antichute<br>Test du système de freinage<br>Test du capteur de vibrations<br>Test des boutons d'arrêt d'urgence | x          | x      | x    |

#### Maintenance curative

Il s'agit des opérations de maintenance réalisées suite à des défaillances de matériels ou d'équipements (ex : remplacement d'un capteur défaillant, ajout de liquide de refroidissement faisant suite à une fuite, ...). Ces opérations sont faites à la demande, après détection du dysfonctionnement, de façon à rendre l'équipement à nouveau opérationnel.

Un système de supervision à distance de chaque éolienne est mis en place. Il permet de prévenir l'exploitant de tous dysfonctionnements par le déclenchement d'une alarme au centre de maintenance. De plus un contrôle deux fois par jour du statut de l'éolienne ainsi que des alarmes et des différents arrêts est réalisé.

#### 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 Keranna.

## IV.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

### IV.3.1. RACCORDEMENT ELECTRIQUE

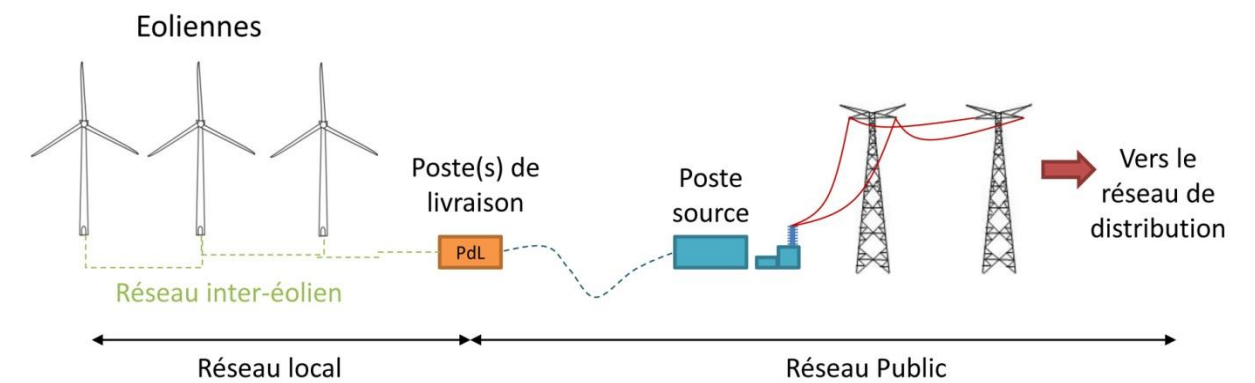


Figure 22. Raccordement électrique des installations

- **Réseau inter-éolien**

Le raccordement inter-éoliennes qui permet de relier le transformateur, intégré dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public de distribution, est assuré par un câblage en réseau souterrain, 20 000 volts, de section 240 mm<sup>2</sup> Al maximum. Ces câbles sont enfouis à des profondeurs variant de 90 à 110 cm surmontés d'un grillage avertisseur. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance.

- **Poste de livraison**

Le poste de livraison est un parallélépipède de dimensions très modeste, (9.04 m x 2.54 m x 2.38 m hauteur) posé sur une plateforme terrassée en accroche directe avec le chemin d'accès menant aux éoliennes n°4 et n°5. Ce bloc de béton reçoit en finition, un enduit minéral de couleur gris anthracite (RAL 7016), les portes et les grilles métalliques sont peintes de la même couleur, gris anthracite (RAL 7016). La puissance maximum du poste de livraison est de 11,75 MW.

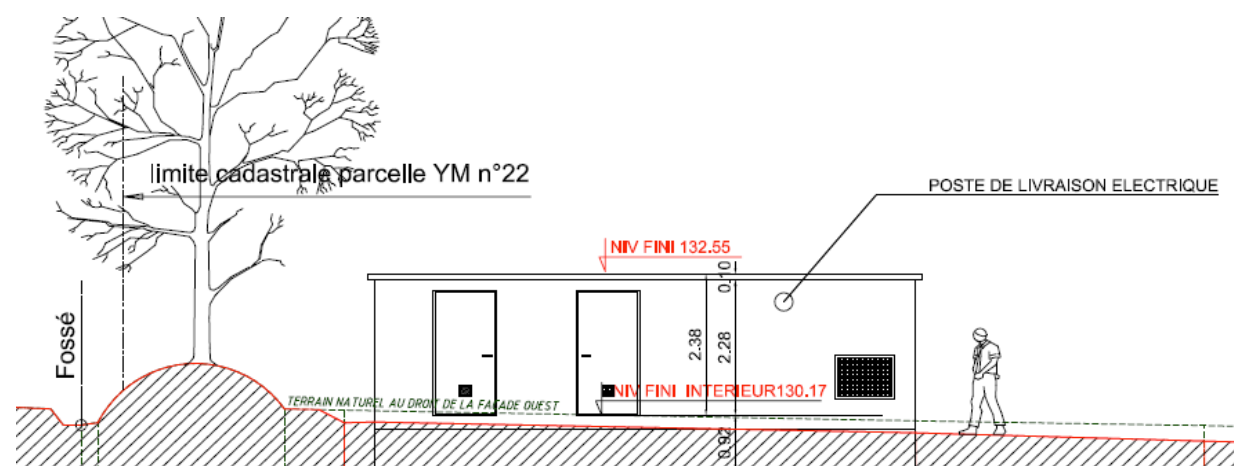


Figure 23. Façade ouest du poste de livraison

- Réseau France Télécom (lignes RTC & ADSL)

Le réseau de communication externe relie le poste de livraison au réseau France Télécom. Le point de raccordement et le tracé de la solution de raccordement est réalisée par France Télécom. Il est lui aussi entièrement enterré.

- Réseau électrique externe

Le raccordement du parc éolien de Keranna est envisagé sur le poste électrique de Loudéac à 12 kilomètres au Nord Ouest du site en projet.

Le tracé de raccordement électrique (tracé rose sur la carte ci-après) n'est donné qu'à titre informatif : il devra être validé par ErDF une fois le permis de construire obtenu.

D'une longueur totale d'environ 18 kilomètres, il suivra, sur sa plus grande partie, la D773.

L'intégralité des câbles permettant le raccordement du poste de livraison du parc au poste source de Loudéac sera enfouie, aucun nouveau câble ne sera visible dans le paysage local.

#### IV.3.2. AUTRES RESEAUX

Le parc éolien de Keranna 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.

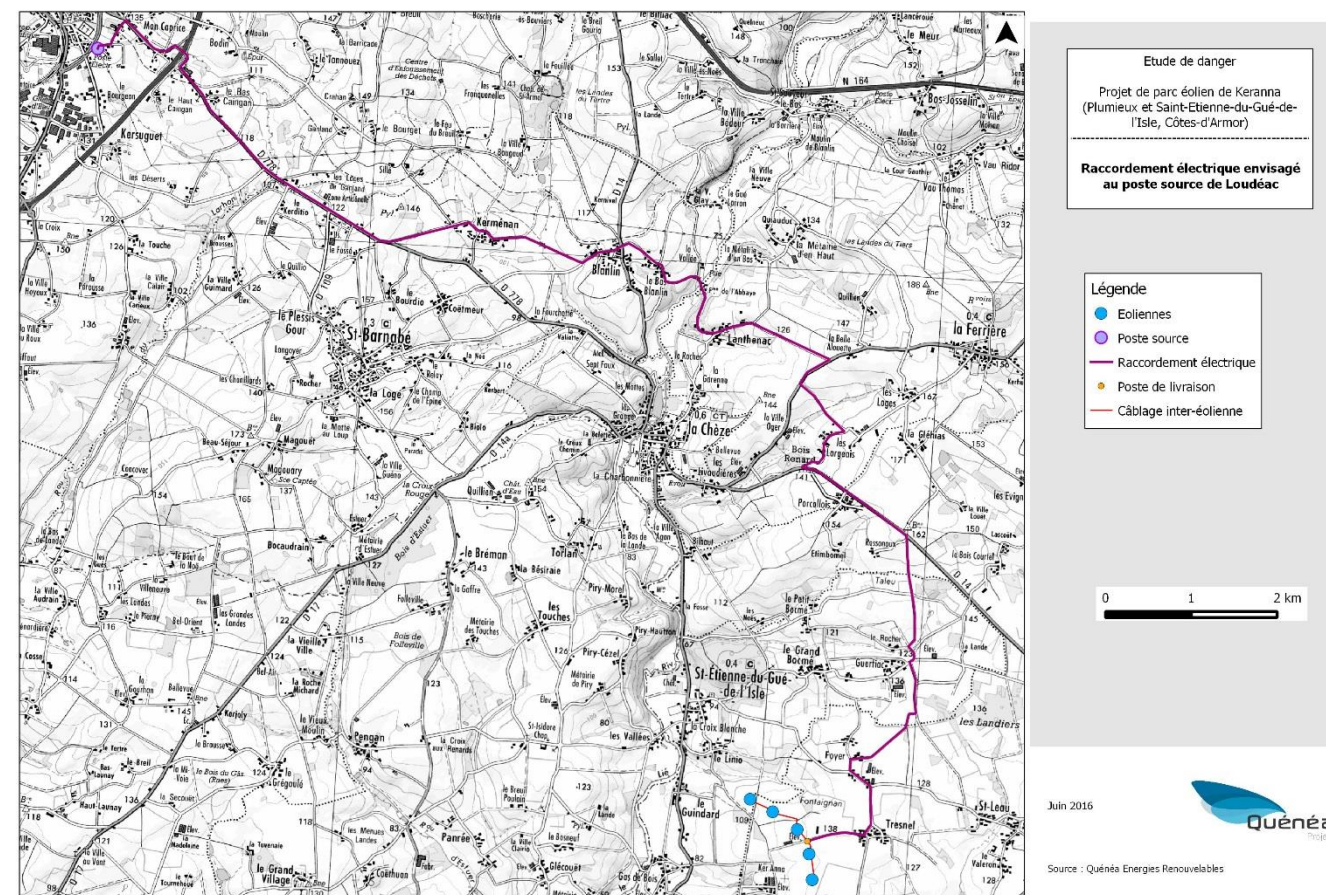


Figure 24. Proposition de raccordement du parc éolien de Keranna au poste source de Loudéac

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

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

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

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

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

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

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

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

#### V.1.1. INVENTAIRE DES PRODUITS

L'inventaire des produits est fourni par les différents constructeurs. Des différences de dénomination et de détails sont présentes pour ces raisons.

##### **Vestas (V100)**

Les substances ou produits chimiques mis en œuvre dans l'installation sont limités. Les seuls produits présents en phase d'exploitation sont :

- L'huile hydraulique (circuit haute pression) dont la quantité présente est de l'ordre de 260 litres. Le modèle d'huile utilisée est Texaco Rando WM 32 - Irritant pour la peau, Risque de lésions musculaires graves, Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique ;

- L'huile de lubrification du multiplicateur (environ 300 à 400 litres). Il s'agit de l'huile Mobil Gear SHCXP 320 - Irritant pour la peau, Risque de lésions musculaires graves, Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique ;
- L'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement, dont le volume total de la boucle est de 120 litres) ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entraînements - Irritant pour la peau, Risque de lésions oculaires graves ;
- L'hexafluorure de soufre (SF6), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique. La quantité présente varie entre 1.5 kg et 2.15 kg suivant le nombre de caissons composant la cellule. Ce gaz n'est pas toxique, suffocant à haute concentration, bien ventiler le local en cas de fuite.

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).

##### **Enercon (E92)**

- MOBILGEAR OGL 461 (graisse lubrifiante) - Graissage des roues dentées - Irritant pour la peau, Risque de lésions oculaires graves, Incompatibilités : éviter le contact avec les oxydants forts comme le chlore liquide et l'oxygène concentré - Irritant - Point éclair > 204°C
- MOBILGEAR SHC 460 - Transmission d'orientation : 24 litres, Arbre de renvoi : 6 litres - Point éclair : 240°C
- MOBILITH SHC 460 - Graissage du palier d'orientation (à roulements) (distributeur automatique de graisse) - Point éclair > 204°C
- MOBILTAC 81 - Graissage du palier à roulements - Point éclair > 204°C
- RENOLIN PG 220 (lubrifiant) RENOLIN PG 46 - Frein hydraulique : 5 litres - Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique. Point éclair : 240°C
- RENOLIN UNISYN CLP 220 (lubrifiant) - Huile d'engrenage, Transmissions d'orientation : 7 litres Arbre de renvoi : 4 à 6 litres - Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique. Point éclair : 260°C
- Klüberplex BEM 41-141 (Graisse) - Graissage des roues dentées Graissage du palier d'orientation Graissage du palier à roulements (distributeur automatique de graisse) - Un contact prolongé avec la peau peut conduire à des irritations de la peau et/ou des dermatites. Point éclair > 250°C
- Shell Diala D getr (huile isolante) - Transformateur : 360 à 1800 litres - Point éclair : 145°C

##### **Senvion (MM100)**

En phase de maintenance :

- Aquabase - Dégraissant - Irritant pour la peau, Risque de lésions musculaires graves, Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique
- Optigear Synthetic A 320 - Lubrifiant de synthèse et additifs - Irritant pour la peau, Risque de lésions musculaires graves, Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique



|  |   |  |       |
|--|---|--|-------|
|  | équipements destinés à la production électrique |  | chute |
|--|---|--|-------|

En phase de construction et de maintenance :

- Brekutex - Nettoyant pour dégraissage - Extrêmement inflammable, Irritant pour la peau, Risque de lésions musculaire graves, Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique

Pour la manipulation de ces produits, il est obligatoire de porter les équipements adaptés (gants, lunettes et masque de protection respiratoire simple).

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

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

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

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

### V.3.1. PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES

#### V.3.1.1. Implantation retenue

Lors de la démarche de conception du projet, ont été étudiés plusieurs scénarios d'implantation afin de respecter l'ensemble des contraintes et sensibilités des enjeux en termes de santé et d'environnement relevées en phase diagnostic.

Ainsi, conformément à l'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011, l'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs soit situés à une distance minimale de 500 m de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur.

L'augmentation de cette distance aux habitations les plus proches est un critère d'importance afin de réduire autant que possible les potentiels de danger.

Pour le projet de Keranna, cet éloignement est de 540 mètres au minimum et de plus de 780 mètres au maximum, soit 665 mètres en moyenne.

L'implantation retenue se dessine en un parc de 5 éoliennes sur une ligne incurvée. Elle correspond à une organisation axiale nord-ouest/sud-est régulière de cinq éoliennes.



Figure 25. Implantation des éoliennes retenue

### V.3.1.2. Choix des éoliennes

Sur la base des mesures et modélisations de climat et de terrain, des simulations de production ont été réalisées afin de déterminer précisément l'énergie «productible» par le parc éolien. Ces études ont permis de déterminer la classe d'éolienne à installer sur le site ainsi que les deux composantes majeures que sont la hauteur du mât et le diamètre du rotor des éoliennes.

Pour le présent projet, les conclusions des études ont montré que le site de Keranna était assimilable à un site classe 2 (Classe IEC 61400-1). Les composantes dimensionnelles des éoliennes (puissance unitaire de deux mégawatts) seront comprises dans les fourchettes de valeurs suivantes :

- Hauteur du mat : 90 mètres < H mat < 110 mètres
- Diamètre du rotor : 90 mètres < D rotor < 110 mètres

Le gabarit des éoliennes, retenu pour le projet, se situera donc dans ces intervalles afin de satisfaire à un bon dimensionnement du parc éolien et ceci au regard du critère de production d'électricité.

La puissance unitaire des éoliennes pour ce gabarit pourrait atteindre 2.35 MW.

A ce stade d'avancement, trois types d'éoliennes de trois fabricants différents sont retenus par Keranna Energies pour ce parc éolien : V100-2MW (constructeur VESTAS), MM100-2 MW (constructeur SENVION) ou E92-2,35 MW (constructeur ENERCON). Le choix définitif du fabricant d'éolienne se fera après l'obtention des autorisations pour construire et exploiter le parc éolien.

Ces modèles sont de conception récente et respectent toutes les normes en vigueur à ce jour (voire IV.2.3) en terme de sécurité et respectent les prescriptions générales de l'arrêté du 26 Aout 2011 (voir annexe 1 pour les détails).

### V.3.1.3. Exploitation du parc

Lors de l'exploitation, les principaux potentiels de dangers liés aux produits utilisés pour la maintenance et à l'installation en elle-même (éoliennes et réseaux électriques) sont réduits au maximum à la source :

#### Produits :

- Aucun stockage dans l'éolienne ou dans les postes électriques,
- Apport de la quantité nécessaire et suffisante uniquement,
- Personnel formé aux risques présentés par les produits utilisés.

#### Installation :

- Conception de l'éolienne (normes et certifications),
- Consignes de sécurité strictes, affichées et connues des employés (interdiction de fumer ou d'apporter une flamme nue etc.),
- Arrêt de l'éolienne et mise en sécurité lors des opérations de maintenance,
- Équipements de travail adaptés,
- Présence d'équipements de lutte contre l'incendie...,
- Maintenance régulière préventive et curative,
- Contrôle des différents paramètres d'exploitation (vent, température, niveau de vibrations, puissance électrique, etc.),
- Report des messages d'alarmes au centre de conduite,
- Protection contre la foudre.

#### V.3.1.4. Substitution des produits par des produits moins dangereux et réduction des quantités

Les produits présents sur chaque éolienne (huile, fluide de refroidissement) sont des produits classiques utilisés dans ce type d'activité.

Ils ne présentent pas de caractère dangereux marqué et les quantités mises en œuvre sont adaptées aux volumes des équipements.

Le SF<sub>6</sub> est un très bon isolant et ne dispose pas à ce jour de produit de substitution présentant des qualités équivalentes. De plus, malgré son caractère de gaz à effet de serre, il ne présente pas de danger pour l'homme (inflammable et non toxique). Il n'est donc pas prévu de solution de substitution. Il faut rappeler que ce gaz est contenu dans les cellules d'isolement disposées en pied d'éolienne (cellules étanches) qui sont des matériels du commerce, et ne sont pas fabriqués par le turbinier.

#### V.3.1.5. Substitution des équipements

Les dangers des équipements sont principalement dus au caractère mobile de ceux-ci (pièces en rotation) et à leur situation (à plusieurs dizaines de mètres au-dessus du sol). Ceci peut entraîner des chutes ou projection de pièces au sol.

Un autre danger est lié à la présence d'installations électriques avec des tensions élevées (jusqu'à 35 000 volts), dont le dysfonctionnement peut être à l'origine d'incendies.

Les équipements qui constituent à ce jour l'éolienne sont tous indispensables à son fonctionnement. Il n'est donc pas possible a priori de les substituer.

Depuis les débuts du développement de l'éolien, des évolutions technologiques ont permis de mettre en place des équipements plus performants en termes d'optimisation des rendements et de diminution des risques :

- Remplacement de pales métalliques par des pales en matériaux composites, plus légères et moins sujettes aux phénomènes de fatigue ;
- Dispositif d'orientation des pales permettant de fonctionner par vent faible et de diminuer les contraintes par vent fort ;
- Dispositif aérodynamique d'arrêt en cas de survitesse ;
- Dispositifs de surveillance des dysfonctionnements électriques (détecteur d'arcs notamment).

Ces évolutions se poursuivent toujours afin d'améliorer la sécurité.

#### 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.

Cette directive a été remplacée par la directive dite « IED » n°2010/75/UE du 17 décembre 2010.

Pour l'essentiel, la directive IED définit au niveau européen une vision intégrée de la diminution des pollutions atmosphériques émises par les installations industrielle ou agricole. Les exploitants des installations industrielles relevant de l'annexe I de la directive IED doivent obtenir des autorités des Etats-membres une autorisation environnementale avant leur mise en service.

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

## VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE

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

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

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

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

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer le recensement des 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

Cet inventaire est présenté dans l'Annexe 3 – Tableau de l'accidentologie française p.78.

La base Aria du Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels recense un certain nombre d'accidents intervenus depuis l'élaboration de la base de données présente dans le guide de Mai 2012.

En complément de cette base on pourra aussi noter certains des accidents qui sont intervenus et non présents dans la base Aria. Cette liste n'est pas exhaustive car tout les incidents ne font pas forcément l'objet de publication de la part des exploitants. Elle est visible à la suite du tableau de l'annexe 3.

**On notera que mis à part dans le cadre d'opérations de maintenance, aucun accidents recensés en France n'a causé de victimes.**

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.

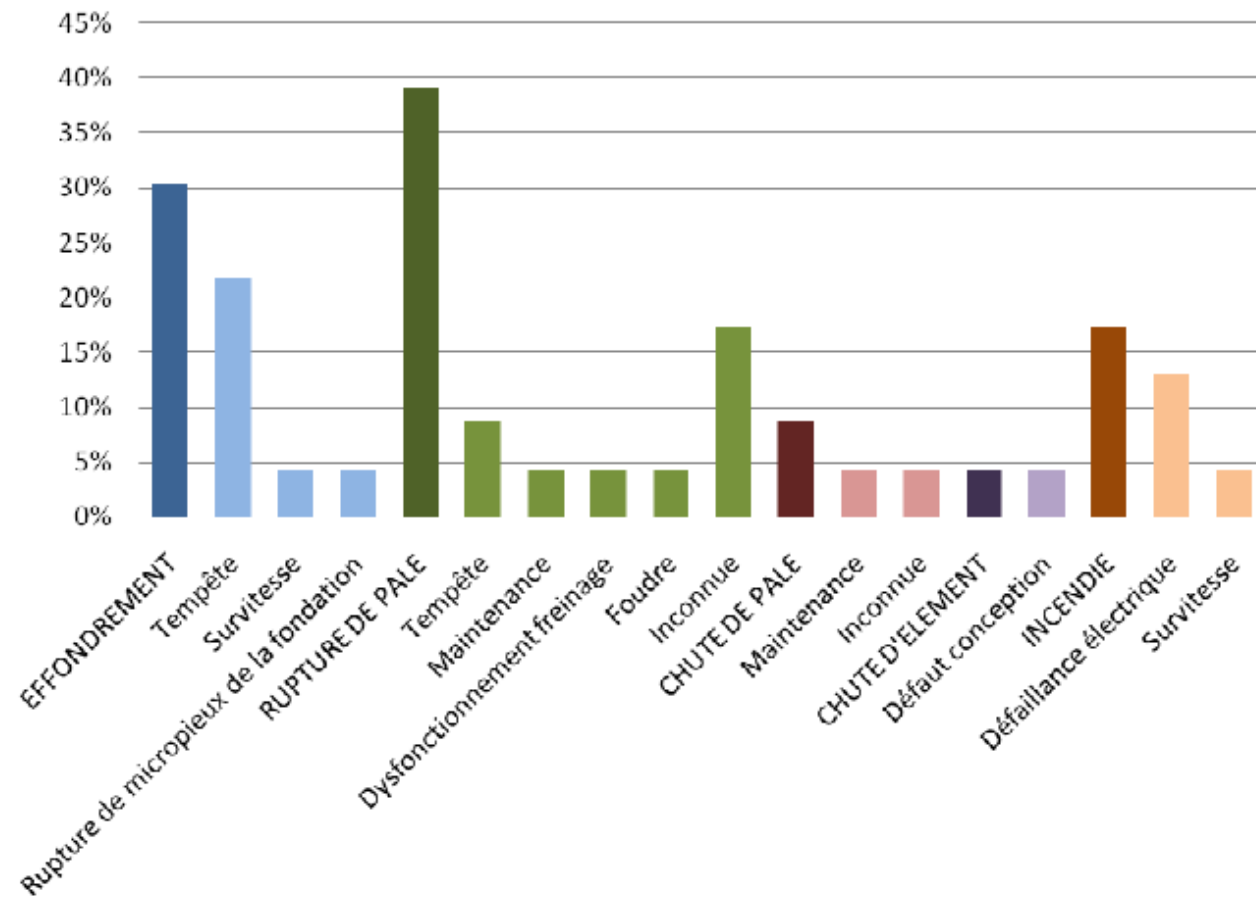
Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant rédigé le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (voir tableau détaillé en annexe). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique sont présentés :

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

Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011



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

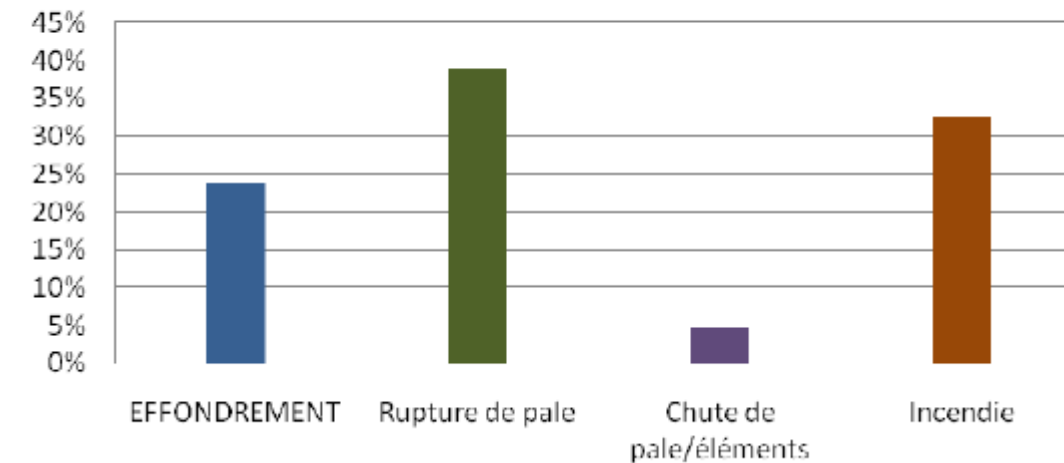
## VI.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS À L'INTERNATIONAL

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010.

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.

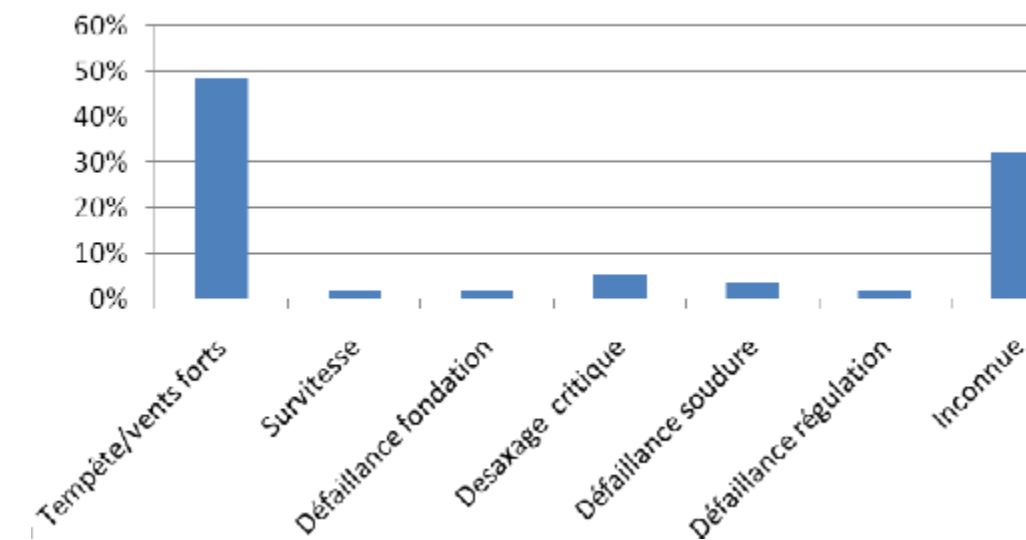
Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.

Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

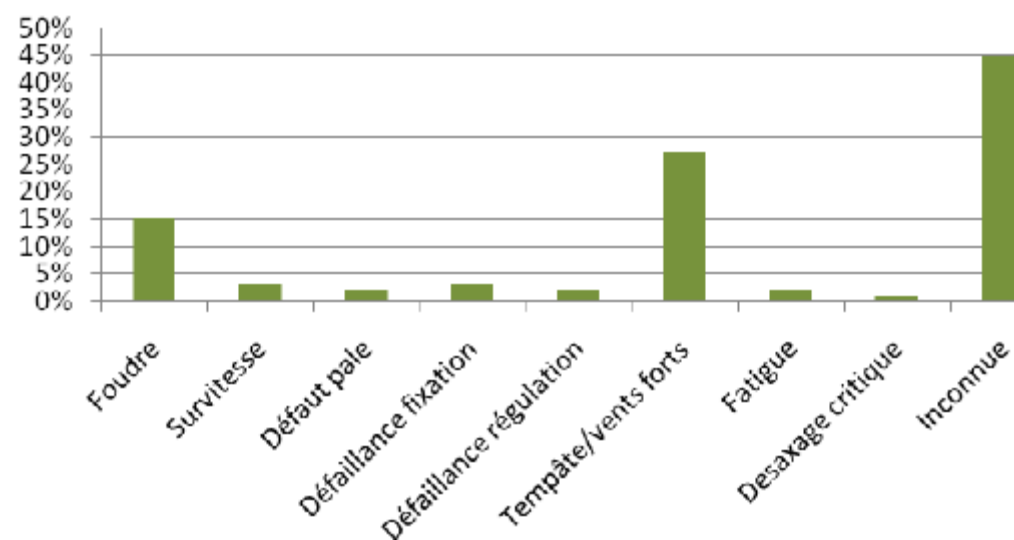


Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

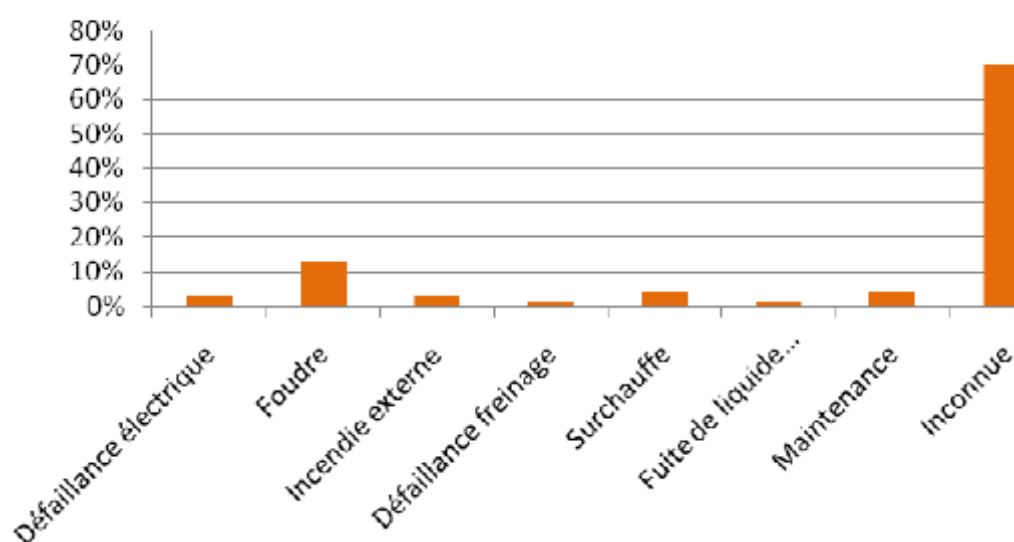
Répartition des causes premières d'effondrement



### Répartition des causes premières de rupture de pale



### Répartition des causes premières d'incendie



Tout comme pour le retour d'expérience français, ce retour d'expérience montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents. Il souligne également le rôle de la foudre dans les accidents.

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

Le groupe Quenea'ch ne dénombre aucun accident d'exploitation ou de maintenance dans les parcs exploités à ce jour. La filiale de cette société Keranna Energies n'exploite à l'heure actuelle aucun parc éolien.

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

### VI.4.1. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

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

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

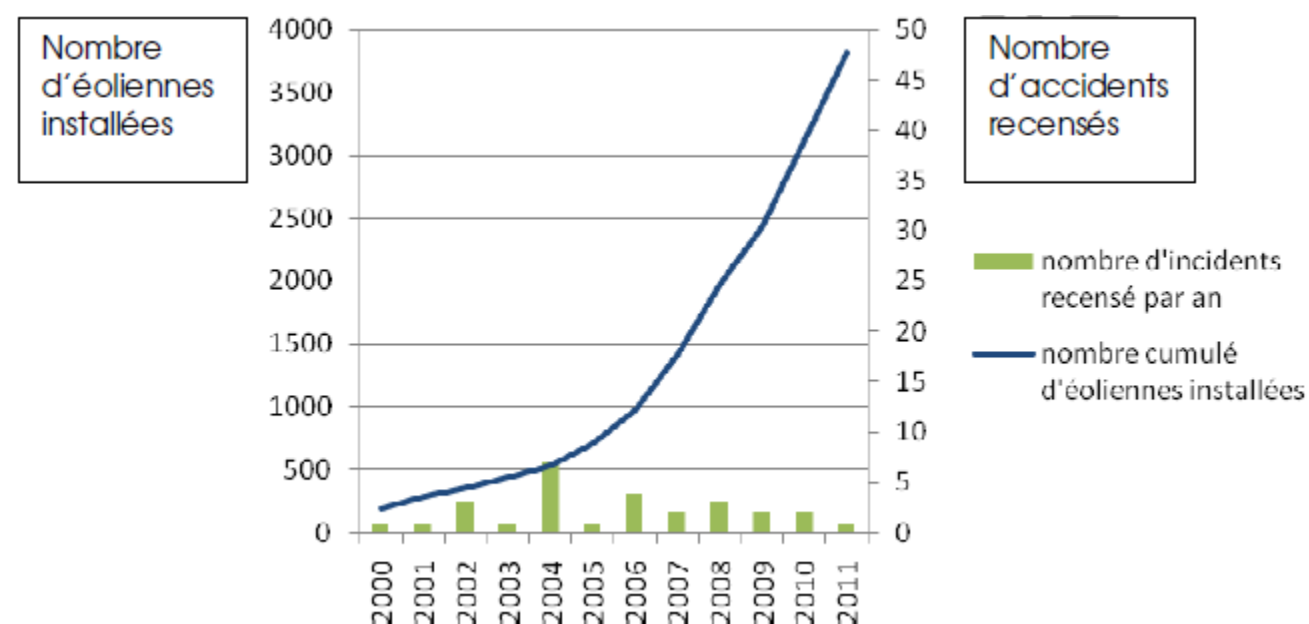


Figure 26. Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accident reste relativement constant

## VI.4.2. ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FRÉQUENTS

---

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

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

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

---

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

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

## VII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

### VII.2. RECENSEMENT DES ÉVÉNEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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

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

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

- inondations ;
- séismes d'amplitude suffisante pour avoir des conséquences notables sur les

- infrastructures ;
- incendies de cultures ou de forêts ;
- pertes de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses ;
- explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne.

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

#### VII.3.1. AGRESSION EXTERNES LIÉES AUX ACTIVITÉS HUMAINES

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

| Infrastructure                | Fonction                 | Événement redouté   | Danger potentiel                                   | Périmètre | Distance par rapport au mât des éoliennes (en mètres) |                    |                     |                     |                     |
|-------------------------------|--------------------------|---|--|-----------|---|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                               |                          |   |  |           | E1  | E2                 | E3                  | E4                  | E5                  |
| <b>Voies de circulation</b>   | Transport                | Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules | Energie cinétique des véhicules et flux thermiques | 200 m     | 68 m<br><i>min</i>                                    | 93 m<br><i>min</i> | 144 m<br><i>min</i> | 159 m<br><i>min</i> | 427 m<br><i>min</i> |
| <b>Aérodrome</b>              | Transport aérien         | Chute d'aéronef   | Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique     | 2000 m    | Aucun aérodrome à moins de 2 000 m des éoliennes      |                    |                     |                     |                     |
| <b>Ligne THT</b>              | Transport d'électricité  | Rupture de câble  | Arc électrique, surtensions                        | 200 m     | Aucune ligne THT à moins de 200 m des éoliennes       |                    |                     |                     |                     |
| <b>Autres aérogénérateurs</b> | Production d'électricité | Accident générant des projections d'éléments                      | Energie cinétique des éléments projetés            | 500 m     | 300   | 300 et 355         | 355 et 316          | 316 et 300          | 300                 |



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

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

| Agression externe                        | Intensité   |
|--|---|
| Vents et tempête                         | <p>Un seul arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle lié à la tempête du 15 Octobre 1987, qui concerne l'ensemble des aires d'études rapprochée et éloignée. Aucune catastrophe naturelle liée au climat n'a été reconnue depuis, ce qui met en avant le facteur non récurrent des risques liés aux tempêtes.</p> <p>La fréquence des vents violents<sup>2</sup> - <i>jours pendant lesquels on enregistre des rafales dont la vitesse est supérieure à 58 km/h</i> - est assez faible : 24 jours environ par an, pour la station de Pontivy. Il est à noter que les régions les plus exposées aux vents violents le sont une centaine de jours par an.</p> <p>Selon les statistiques 1987-2000 (sources), la station de Plouguenast a enregistré une rafale maximale de 34m/s. Le vent moyen est de 4 m/s en moyenne par an. Les mois les plus ventés sont décembre, janvier et février avec des valeurs ne dépassant pas les 5 m/s. Les mois les moins ventés s'étalent de mai à octobre avec des valeurs ne descendant pas en-dessous de 3 m/s.</p> <p>La relative constance des vents observée sur le secteur d'implantation constitue un paramètre favorable à l'implantation des éoliennes.</p> |
| Foudre                                   | <p>Il est à retenir, d'une part, que le niveau kéraunique du site est faible (Nk = 8 contre une moyenne nationale Nk = 18) pour une densité de 0.9 arcs de foudre par kilomètre et par an, d'autre part, les éoliennes retenues respectent la norme IEC 61 400-24 et sont en outre équipées d'un dispositif agréé reliant les pales à la terre. Ce dispositif permet de réduire considérablement les risques d'atteinte grave de l'éolienne en cas de foudre.</p>   |
| Glissement de sols/ affaissement miniers | <p>Aucun glissement de sols n'a été recensé dans le périmètre de l'aire d'étude.</p>  |

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.

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

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

- une description des causes et de leur séquençage (événements initiateurs et événements intermédiaires) ;
- une description des événements redoutés centraux qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- une description des fonctions de sécurité permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux ;
- une description des phénomènes dangereux dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident
- une évaluation préliminaire de la zone d'effets attendue de ces événements

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

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

Les différents 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 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).

<sup>2</sup> Sur l'échelle de Beaufort, une tempête correspond à des vents dont la vitesse est comprise entre 89 et 102 km/h ; le terme d'ouragan est parfois employé, sous nos latitudes, pour désigner une tempête dont les vents soufflent à plus de 118 km/h (Source : F. BRUEL, www.alertes-meteo.com)

| N°  | Événement initiateur   | Événement intermédiaire                             | Événement redouté central                                   | Fonction de sécurité (intitulé générique)  | Phénomène dangereux  | Qualification de la zone d'effet |
|-----|--|---|---|--|--|----------------------------------|
| G01 | Conditions climatiques favorables à la formation de glace                | Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle  | Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées          | Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)                                    | Impact de glace sur les enjeux   | 1                                |
| G02 | Conditions climatiques favorables à la formation de glace                | Dépôt de glace sur les pales                        | Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement | Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)               | Impact de glace sur les enjeux   | 2                                |
| I01 | Humidité / Gel   | Court-circuit                                       | Incendie de tout ou partie de l'éolienne                    | Prévenir les courts-circuits (N°5)   | Chute/projection d'éléments enflammés<br>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<br>Propagation de l'incendie                               | 2                                |
| I03 | Survitesse   | Echauffement des parties mécaniques et inflammation | Incendie de tout ou partie de l'éolienne                    | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)<br>Prévenir la survitesse (N°4) | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie                               | 2                                |
| I04 | Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification | Echauffement des parties mécaniques et inflammation | Incendie de tout ou partie de l'éolienne                    | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)                                 | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie                               | 2                                |
| I05 | Conditions climatiques humides   | Sur-tension   | Court-circuit   | Prévenir les courts-circuits (N°5)<br>Protection et intervention incendie (N°7)                  | Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6)<br>Propagation de l'incendie | 2                                |
| I06 | Rongeur  | Sur-tension   | Court-circuit   | Prévenir les courts-circuits (N°5)<br>Protection et intervention incendie (N°7)                  | Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6)<br>Propagation de l'incendie | 2                                |

| N°  | Événement initiateur  | Événement intermédiaire  | Événement redouté central         | Fonction de sécurité (intitulé générique)   | Phénomène dangereux  | Qualification de la zone d'effet |
|-----|---|--|-----------------------------------|---|--|----------------------------------|
| I07 | Défaut d'étanchéité   | Perte de confinement   | Fuites d'huile isolante           | Prévention et rétention des fuites (N°8)  | Incendie au poste de transformation<br>Propagation de l'incendie | 2                                |
| F01 | Fuite système de lubrification<br>Fuite convertisseur<br>Fuite transformateur | Écoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration | Infiltration d'huile dans le sol  | Prévention et rétention des fuites (N°8)  | Pollution environnement  | 1                                |
| F02 | Renversement de fluides lors des opérations de maintenance                    | Écoulement   | Infiltration d'huile dans le sol  | Prévention et rétention des fuites (N°8)  | Pollution environnement  | 1                                |
| C01 | Défaut de fixation  | Chute de trappe  | Chute d'élément de l'éolienne     | Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)  | Impact sur cible   | 1                                |
| C02 | Défaillance fixation anémomètre   | Chute anémomètre   | Chute d'élément de l'éolienne     | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction-exploitation) (N°9) | Impact sur cible   | 1                                |
| C3  | Défaut fixation nacelle - pivot central - mât                                 | Chute nacelle  | Chute d'élément de l'éolienne     | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction-exploitation) (N°9) | Impact sur cible   | 1                                |
| P01 | Survitesse  | Contraintes trop importantes sur les pales   | Projection de tout ou partie pale | Prévenir la survitesse (N°4)  | Impact sur cible   | 2                                |
| P02 | Fatigue<br>Corrosion  | Chute de fragment de pale  | Projection de tout ou partie pale | Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)  | Impact sur cible   | 2                                |

| N°  | Événement initiateur                                   | Événement intermédiaire                      | Événement redouté central         | Fonction de sécurité (intitulé générique)  | Phénomène dangereux                     | Qualification de la zone d'effet |
|-----|--|--|-----------------------------------|--|---|----------------------------------|
| P03 | Serrage inapproprié<br>Erreur maintenance – desserrage | Chute de fragment de pale                    | Projection de tout ou partie pale | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)   | Impact sur cible                        | 2                                |
| E01 | Effets dominos autres installations                    | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne             | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)   | Projection/chute fragments et chute mât | 2                                |
| E02 | Glissement de sol                                      | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne             | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)   | Projection/chute fragments et chute mât | 2                                |
| E05 | Crash d'aéronef  | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne             | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)   | Projection/chute fragments et chute mât | 2                                |
| E07 | Effondrement engin de levage travaux                   | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne             | Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)  | Chute fragments et chute mât            | 2                                |
| E08 | Vents forts  | Défaillance fondation                        | Effondrement éolienne             | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)<br><br>Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) | Projection/chute fragments et chute mât | 2                                |

| N°  | Événement initiateur       | Événement intermédiaire | Événement redouté central | Fonction de sécurité (intitulé générique)   | Phénomène dangereux                     | Qualification de la zone d'effet |
|-----|----------------------------|-------------------------|---------------------------|---|---|----------------------------------|
|     |                            |                         |                           | Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abatage et d'arrimage au sol (N°13)     |   |                                  |
| E09 | Fatigue                    | Défaillance mât         | Effondrement éolienne     | Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)  | Projection/chute fragments et chute mât | 2                                |
| E10 | Désaxage critique du rotor | Impact pale – mât       | Effondrement éolienne     | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)<br><br>Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) | Projection/chute fragments et chute mât | 2                                |

Tableau 6. Analyse générique des risques

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

## 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 les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques générique présenté ci-dessus.

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

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

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.

## VII.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ

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

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

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

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

| Fonction de sécurité | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques  | N° de la fonction de sécurité | 3 |
|----------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité  | Capteurs de température des pièces mécaniques<br>Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes<br>Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement                        |                               |   |
| Description          | /   |                               |   |
| Indépendance         | Oui   |                               |   |
| Temps de réponse     | Temps de détection de l'ordre de la seconde ; mise en pause de la turbine <1min   |                               |   |
| Efficacité           | 100 %   |                               |   |
| Tests                | NA  |                               |   |
| 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.<br>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. |                               |   |

| Fonction de sécurité | Prévenir la survitesse  | N° de la fonction de sécurité | 4 |
|----------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité  | Détection de survitesse et système de freinage.   |                               |   |
| Description          | Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande.<br>NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.      |                               |   |
| Indépendance         | Oui   |                               |   |
| Temps de réponse     | Temps de détection < 1 minute<br>L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011. |                               |   |
| 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          | 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.  |                               |   |

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

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

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

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

| Fonction de sécurité | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)   | N° de la fonction de sécurité | 9 |
|----------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité  | Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.)<br>Procédures qualités<br>Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)  |                               |   |
| Description          | La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne.<br>Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.<br>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223. |                               |   |
| Indépendance         | Oui   |                               |   |
| Temps de réponse     | NA  |                               |   |
| Efficacité           | 100 %   |                               |   |
| Tests                | NA  |                               |   |
| Maintenance          | Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.  |                               |   |

| Fonction de sécurité | Prévenir les erreurs de maintenance                               | N° de la fonction de sécurité | 10 |
|----------------------|---|-------------------------------|----|
| Mesures de sécurité  | Procédure maintenance   |                               |    |
| Description          | Préconisations du manuel de maintenance<br>Formation du personnel |                               |    |
| Indépendance         | Oui   |                               |    |
| Temps de réponse     | NA  |                               |    |
| Efficacité           | 100 %   |                               |    |
| Tests                | Traçabilité : rapport de service                                  |                               |    |
| Maintenance          | NA  |                               |    |

|                             |   |                                      |           |
|-----------------------------|---|--------------------------------------|-----------|
| <b>Fonction de sécurité</b> | <b>Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort</b>  | <b>N° de la fonction de sécurité</b> | <b>11</b> |
| <b>Mesures de sécurité</b>  | Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents.<br>Détection et prévention des vents forts et tempêtes<br>Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite |                                      |           |
| <b>Description</b>          | L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.  |                                      |           |
| <b>Indépendance</b>         | Oui   |                                      |           |
| <b>Temps de réponse</b>     | < 1 min   |                                      |           |
| <b>Efficacité</b>           | 100 %.<br>NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.  |                                      |           |
| <b>Tests</b>                | test tous les ans lors des maintenances préventives.  |                                      |           |
| <b>Maintenance</b>          | Tous les ans  |                                      |           |

Tableau 7. Tableaux de synthèse des fonctions de sécurité

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011. Notamment, suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

## VII.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

| <b>Nom du scénario exclu</b>                        | <b>Justification</b>  |
|---|---|
| Incendie de l'éolienne (effets thermiques)          | En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs.<br>Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m <sup>2</sup> n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.<br>Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments. |
| Incendie du poste de livraison ou du transformateur | En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton.<br>De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)   |
| Infiltration d'huile dans le sol                    | En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.<br>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 cinq catégories de scénarios étudiées dans l'étude détaillée des risques sont les suivantes :

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

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

## VIII. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

### VIII.1. RAPPEL DES DÉFINITIONS

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

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

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

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

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

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

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

#### VIII.1.1. CINÉTIQUE

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

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

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

#### VIII.1.2. INTENSITÉ

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

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [13] caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, pour des effets de surpression, toxiques ou thermiques). Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs. Dans le cas de scénarios de projection, l'annexe II de cet arrêté précise : « Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, l'évaluation des effets de projection d'un phénomène dangereux nécessite, le cas échéant, une analyse, au cas par cas, justifiée par l'exploitant. Pour la délimitation des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, cette délimitation s'appuie sur une analyse au cas par cas proposée par l'exploitant ».

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

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

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

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

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



### VIII.1.3. 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.

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

### 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 :

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

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

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

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

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

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

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

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

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)

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

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)

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

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

## VIII.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

Dans la suite de ce document, les hypothèses et méthodes de calcul suivantes ont été retenues :

- Les calculs ont été réalisés pour chacun des 3 types de machines (Vestas V100, Senvion MM100 et Enercon E92).

Les valeurs caractéristiques de ces machines utilisées sont les suivantes :

| Type éolienne | H= hauteur du mât en mètres | L= base du mât en mètres | R= longueur de pale en mètres ou demi diamètre du rotor | LB=largeur de la pale en mètres |
|---------------|-----------------------------|--------------------------|---|---------------------------------|
| VESTAS V100   | 100,0                       | 4,2                      | 50  | 3,9                             |
| SENVION MM100 | 100,0                       | 4,3                      | 50  | 3,6                             |
| ENERCON E92   | 104                         | 6,8                      | 46,0  | 3,9                             |

Il a été choisi de prendre comme longueur de pale le demi-diamètre du rotor, cela augmente les zones d'impact et/ou zones d'effet, rendant plus contraignant les résultats.

- Les hypothèses suivantes ont été prises pour le comptage des personnes exposées :
  - les exploitations agricoles** : nombres d'employés maximum sur site
  - Terrains non aménagés et très peu fréquentés** (champs, prairies ...) : 1 personne par tranche de 100 ha
  - Terrain aménagés mais peu fréquentés** (voies de circulation non structurante <2000 véhicule/jours, chemins agricoles ...) : 1 personne par tranche de 10ha
  - Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés** (Aire de stationnement) : 10 personnes à l'ha

Concernant les longueurs des voies de circulation, ces dernières ont été mesurées dans les zones d'effets de l'éolienne ayant le plus gros gabarit (V100 et MM100) afin de prendre en compte l'hypothèse la plus contraignante. Bien que les zones d'effets pour le 3ème gabarit (E92) soient moins grandes, les mêmes longueurs de voies de circulation ont été appliquées.

## VIII.2.1. EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

### • Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit

- VESTAS V100 : 150 mètres,
- SENVION MM100 : 150 mètres,
- ENERCON E92 : 150 mètres,

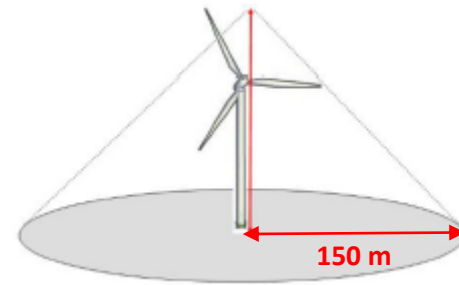


Figure 27. Effondrement de l'éolienne, distance d'effet

### • Intensité

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Keranna. **R** est la longueur de pale (R=longueur de pale des aérogénérateurs de l'installation), **H** la hauteur du mât (H=hauteur du mât), **L** la largeur du mât (L=base du mât), **LB** la largeur maximale de la pale (LB=largeur de la pale).

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.

| Effondrement de l'éolienne  |   |  |   |                    |
|---|---|--|---|--------------------|
| (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) |   |  |   |                    |
| Type éolienne   | Zone d'impact en m <sup>2</sup>                 | Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup> | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité          |
|   | $(H) \times L + \frac{3 \times R \times LB}{2}$ | $\pi \times (H+R)^2$                               |   |                    |
| VESTAS V100   | 713   | 70686  | 1,01%                                       | Exposition forte   |
| SENVION MM100   | 700   | 70686  | 0,99%                                       | Exposition modérée |
| ENERCON E92   | 976   | 70686  | 1,38%                                       | Exposition forte   |

Les risques d'atteinte d'une personne ou d'un bien en dehors de la zone d'effet sont négligeables et n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

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

### • Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir 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 100 personnes exposées \_ « Désastreux »
- Entre 10 et 100 personnes exposées \_ « Catastrophique »
- Entre 1 et 10 personnes exposées \_ « Important »
- Au plus 1 personne exposée \_ « Sérieux »
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement \_ « Modéré »

Les tableaux suivants indiquent, pour chaque aérogénérateur et pour chaque type d'éoliennes envisagés, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité associée :

| Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) |                           |       |   |      |   |      |                 |           |           |
|--|---------------------------|-------|---|------|---|------|-----------------|-----------|-----------|
| VESTAS V100  | Terrain non aménagé       |       | Terrain aménagé peu fréquenté et voie de circulation non structurante |      | Terrain aménagé fréquenté / aire de stationnement |      | Zone d'activité | Total EPP | Gravité   |
|  | Surface (m <sup>2</sup> ) | epp   | Surface (m <sup>2</sup> )   | epp  | Surface (m <sup>2</sup> )                         | epp  |                 |           |           |
|  | E1                        | 68914 | 0,069   | 1772 | 0,02  | 0    |                 |           |           |
| E2   | 69870                     | 0,070 | 816   | 0,01 | 0   | 0    | 0               | 0,08      | Sérieux   |
| E3   | 70454                     | 0,070 | 232   | 0,00 | 0   | 0    | 1               | 1,07      | Important |
| E4   | 70626                     | 0,071 | 0   | 0,00 | 60  | 0,06 | 0               | 0,13      | Sérieux   |
| E5   | 70686                     | 0,071 | 0   | 0,00 | 0   | 0    | 0               | 0,07      | Sérieux   |

| Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) |                           |       |   |      |   |      |                 |           |           |
|--|---------------------------|-------|---|------|---|------|-----------------|-----------|-----------|
| ENERCON E92  | Terrain non aménagé       |       | Terrain aménagé peu fréquenté et voie de circulation non structurante |      | Terrain aménagé fréquenté / aire de stationnement |      | Zone d'activité | Total EPP | Gravité   |
|  | Surface (m <sup>2</sup> ) | epp   | Surface (m <sup>2</sup> )   | epp  | Surface (m <sup>2</sup> )                         | epp  |                 |           |           |
|  | E1                        | 68914 | 0,07  | 1772 | 0,02  | 0    |                 |           |           |
| E2   | 69870                     | 0,07  | 816   | 0,01 | 0   | 0    | 0               | 0,08      | Sérieux   |
| E3   | 70454                     | 0,07  | 232   | 0,00 | 0   | 0    | 1               | 1,07      | Important |
| E4   | 70626                     | 0,07  | 0   | 0,00 | 60  | 0,06 | 0               | 0,13      | Sérieux   |
| E5   | 70686                     | 0,07  | 0   | 0,00 | 0   | 0    | 0               | 0,07      | Sérieux   |

- Probabilité

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

| Source                                       | Fréquence  | Justification       |
|--|--|---------------------|
| Guide for risk based zoning of wind turbines | 4,5 x 10 <sup>-4</sup>   | Retour d'expérience |
| Spécification of minimum distances           | 1,8 x 10 <sup>-4</sup><br>(effondrement de la nacelle et de la tour) | Retour d'expérience |

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience, soit une probabilité de 4,47 x 10<sup>-4</sup> par éolienne et par an.

A noter qu'une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

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

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

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

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

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

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

Il est 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 ».

• **Acceptabilité**

Pour conclure à l'acceptabilité, les valeurs de gravité et de probabilité "D" ont été croisés dans la matrice de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 (mentionnée au VIII.3.1).

Les tableaux suivants rappellent, pour chaque aérogénérateur du parc de Keranna et pour chaque type de machine envisagés, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

| Effondrement de l'éolienne<br>(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) |           |                  |
|---|-----------|------------------|
| VESTAS V100   | Gravité   | Niveau de risque |
| E1  | Sérieux   | Acceptable       |
| E2  | Sérieux   | Acceptable       |
| E3  | Important | Acceptable       |
| E4  | Sérieux   | Acceptable       |
| E5  | Sérieux   | Acceptable       |

| Effondrement de l'éolienne<br>(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) |         |                  |
|---|---------|------------------|
| SENVION MM100   | Gravité | Niveau de risque |
| E1  | Modéré  | Acceptable       |
| E2  | Modéré  | Acceptable       |
| E3  | Sérieux | Acceptable       |
| E4  | Modéré  | Acceptable       |
| E5  | Modéré  | Acceptable       |

| Effondrement de l'éolienne<br>(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) |           |                  |
|---|-----------|------------------|
| ENERCON E92   | Gravité   | Niveau de risque |
| E1  | Sérieux   | Acceptable       |
| E2  | Sérieux   | Acceptable       |
| E3  | Important | Acceptable       |
| E4  | Sérieux   | Acceptable       |
| E5  | Sérieux   | Acceptable       |

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

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

## VIII.2.2. CHUTE DE GLACE

### • Considérations générales

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

Selon l'étude WECO, une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concernée par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

### • Zone d'effet

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

- VESTAS V100 : 50 mètres,
- SENVION MM100 : 50 mètres,
- ENERCON E92 : 46 mètres,

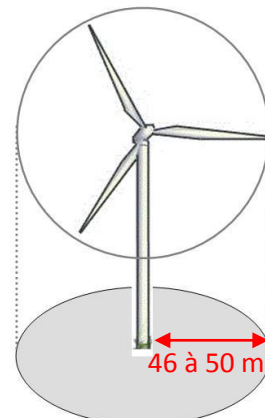


Figure 28. Chute de glace, distance d'effet

### • 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 éolien de Keranna.  $Z_I$  est la zone d'impact,  $Z_E$  est la zone d'effet,  $R$  est la longueur de pale ( $R$ =longueur de pale des aérogénérateurs de l'installation),  $SG$  est la surface du morceau de glace majorant ( $SG=1\text{ m}^2$ ) tel que précisé dans le guide technique de Mai 2012.

| Chute de glace   |                        |   |   |                    |
|--|------------------------|---|---|--------------------|
| (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol) |                        |   |   |                    |
| Type éolienne  | Zone d'impact en $m^2$ | Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$ | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité          |
|  | $Z_I = SG=1$           | $Z_E = \pi \times R^2$                    |   |                    |
| VESTAS V100  | 1                      | 7854                                      | 0,01%                                       | Exposition modérée |
| SENVION MM100  | 1                      | 7854                                      | 0,01%                                       | Exposition modérée |
| ENERCON E92  | 1                      | 6648                                      | 0,02%                                       | Exposition modérée |

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

### • Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir 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 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 et pour chaque type de machines envisagé, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée :

| Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol) |                     |      |   |     |   |     |                 |           |         |
|---|---------------------|------|---|-----|---|-----|-----------------|-----------|---------|
| VESTAS V100   | Terrain non aménagé |      | Terrain aménagé peu fréquenté et voie de circulation non structurante |     | Terrain aménagé fréquenté / aire de stationnement |     | Zone d'activité | Total EPP | Gravité |
|   | Surface ( $m^2$ )   | epp  | Surface   | epp | Surface   | epp |                 |           |         |
| E1  | 7854                | 0,01 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Modéré  |
| E2  | 7854                | 0,01 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Modéré  |
| E3  | 7854                | 0,01 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Modéré  |
| E4  | 7854                | 0,01 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Modéré  |
| E5  | 7854                | 0,01 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Modéré  |

| Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) |                           |      |   |     |   |     |                 |           |         |
|---|---------------------------|------|---|-----|---|-----|-----------------|-----------|---------|
| SENVION<br>MM100  | Terrain non aménagé       |      | Terrain aménagé peu fréquenté et voie de circulation non structurante |     | Terrain aménagé fréquenté / aire de stationnement |     | Zone d'activité | Total EPP | Gravité |
|   | Surface (m <sup>2</sup> ) | epp  | Surface   | epp | Surface   | epp |                 |           |         |
| E1  | 7854                      | 0,01 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Modéré  |
| E2  | 7854                      | 0,01 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Modéré  |
| E3  | 7854                      | 0,01 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Modéré  |
| E4  | 7854                      | 0,01 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Modéré  |
| E5  | 7854                      | 0,01 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Modéré  |

| Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) |                           |      |   |     |   |     |                 |           |         |
|---|---------------------------|------|---|-----|---|-----|-----------------|-----------|---------|
| ENERCON<br>E92  | Terrain non aménagé       |      | Terrain aménagé peu fréquenté et voie de circulation non structurante |     | Terrain aménagé fréquenté / aire de stationnement |     | Zone d'activité | Total EPP | Gravité |
|   | Surface (m <sup>2</sup> ) | epp  | Surface   | epp | Surface   | epp |                 |           |         |
| E1  | 6648                      | 0,01 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Modéré  |
| E2  | 6648                      | 0,01 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Modéré  |
| E3  | 6648                      | 0,01 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Modéré  |
| E4  | 6648                      | 0,01 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Modéré  |
| E5  | 6648                      | 0,01 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Modéré  |

- **Probabilité**

De façon conservatrice, il est considéré que la probabilité est de classe « A », c'est-à-dire une probabilité supérieure à 10<sup>-2</sup> sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C. Le risque n'est donc pas permanent.

- **Acceptabilité**

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

Les tableaux suivant rappellent, pour chaque aérogénérateur du parc de Keranna et pour chaque types de machine envisagés, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

| Chute de glace<br>(dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) |         |                  |
|--|---------|------------------|
| VESTAS<br>V100   | Gravité | Niveau de risque |
| E1   | Modéré  | Acceptable       |
| E2   | Modéré  | Acceptable       |
| E3   | Modéré  | Acceptable       |
| E4   | Modéré  | Acceptable       |
| E5   | Modéré  | Acceptable       |

| Chute de glace<br>(dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) |         |                  |
|--|---------|------------------|
| SENVION<br>MM100   | Gravité | Niveau de risque |
| E1   | Modéré  | Acceptable       |
| E2   | Modéré  | Acceptable       |
| E3   | Modéré  | Acceptable       |
| E4   | Modéré  | Acceptable       |
| E5   | Modéré  | Acceptable       |

| Chute de glace   |         |                  |
|--|---------|------------------|
| (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) |         |                  |
| ENERCON E92  | Gravité | Niveau de risque |
| E1   | Modéré  | Acceptable       |
| E2   | Modéré  | Acceptable       |
| E3   | Modéré  | Acceptable       |
| E4   | Modéré  | Acceptable       |
| E5   | Modéré  | Acceptable       |

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

Ainsi, pour le parc éolien de Keranna, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

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

### VIII.2.3. CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

#### • Zone d'effet

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

Le risque de chute d'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, soit dans le cas du parc éolien de Keranna :

- VESTAS V100 : 50 mètres,
- SENVION MM100 : 50 mètres,
- ENERCON E92 : 46 mètres,

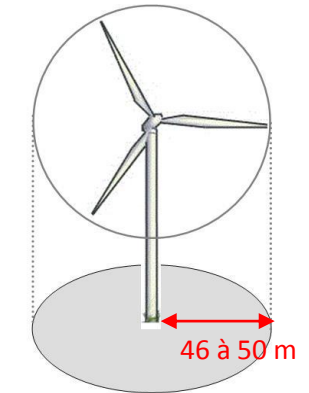


Figure 29. Chute d'éléments de l'éolienne

#### • Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Keranna.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_I$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $R$  la longueur de pale ( $R$ = longueur de pale des aérogénérateurs de l'installation) et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB$ = largeur de la base de la pale des aérogénérateurs de l'installation).

| Chute d'éléments de l'éolienne                           |                                 |  |   |                  |
|--|---------------------------------|--|---|------------------|
| (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) |                                 |  |   |                  |
| Type éolienne  | Zone d'impact en m <sup>2</sup> | Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup> | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité        |
|  | $Z_I = R \cdot LB / 2$          | $Z_E = \pi \times R^2$                             | $d = Z_I / Z_E$                             |                  |
| VESTAS V100  | 97,5                            | 7 854  | 1,24%                                       | Exposition forte |
| SENVION MM100  | 90,0                            | 7 854  | 1,15%                                       | Exposition forte |
| ENERCON E92  | 89,7                            | 6 648  | 1,35%                                       | Exposition forte |

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



- **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 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 100 personnes exposées \_ « Désastreux »
- Entre 10 et 100 personnes exposées \_ « Catastrophique »
- Entre 1 et 10 personnes exposées \_ « Important »
- Au plus 1 personne exposée \_ « Sérieux »
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement \_ « Modéré »

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

| Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) |                           |       |  |      |   |     |                 |           |         |
|---|---------------------------|-------|--|------|---|-----|-----------------|-----------|---------|
| VESTAS V100   | Terrain non aménagé       |       | Terrain aménagé peu fréquenté et voie de circulation non structurantes |      | Terrain aménagé fréquenté / aire de stationnement |     | Zone d'activité | Total EPP | Gravité |
|   | Surface (m <sup>2</sup> ) | epp   | Surface  | epp  | Surface   | epp |                 |           |         |
| E1  | 7854                      | 0,008 | 0  | 0,00 | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Sérieux |
| E2  | 7854                      | 0,008 | 0  | 0,00 | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Sérieux |
| E3  | 7854                      | 0,008 | 0  | 0,00 | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Sérieux |
| E4  | 7854                      | 0,008 | 0  | 0,00 | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Sérieux |
| E5  | 7854                      | 0,008 | 0  | 0,00 | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Sérieux |

| Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) |                           |       |   |      |   |     |                 |           |         |
|---|---------------------------|-------|---|------|---|-----|-----------------|-----------|---------|
| SENVION MM100   | Terrain non aménagé       |       | Terrain aménagé peu fréquenté et voie de circulation non structurante |      | Terrain aménagé fréquenté / aire de stationnement |     | Zone d'activité | Total EPP | Gravité |
|   | Surface (m <sup>2</sup> ) | epp   | Surface   | epp  | Surface   | epp |                 |           |         |
| E1  | 7854                      | 0,008 | 0   | 0,00 | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Sérieux |
| E2  | 7854                      | 0,008 | 0   | 0,00 | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Sérieux |
| E3  | 7854                      | 0,008 | 0   | 0,00 | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Sérieux |
| E4  | 7854                      | 0,008 | 0   | 0,00 | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Sérieux |
| E5  | 7854                      | 0,008 | 0   | 0,00 | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Sérieux |

| Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) |                           |       |   |      |   |     |                 |           |         |
|---|---------------------------|-------|---|------|---|-----|-----------------|-----------|---------|
| ENERCON E92   | Terrain non aménagé       |       | Terrain aménagé peu fréquenté et voie de circulation non structurante |      | Terrain aménagé fréquenté / aire de stationnement |     | Zone d'activité | Total EPP | Gravité |
|   | Surface (m <sup>2</sup> ) | epp   | Surface   | epp  | Surface   | epp |                 |           |         |
| E1  | 6648                      | 0,007 | 0   | 0,00 | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Sérieux |
| E2  | 6648                      | 0,007 | 0   | 0,00 | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Sérieux |
| E3  | 6648                      | 0,007 | 0   | 0,00 | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Sérieux |
| E4  | 6648                      | 0,007 | 0   | 0,00 | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Sérieux |
| E5  | 6648                      | 0,007 | 0   | 0,00 | 0   | 0   | 0               | 0,01      | Sérieux |

- **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 x 10<sup>-4</sup> événement par éolienne et par an).

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

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

- **Acceptabilité**

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 10 dans la zone d'effet.

Les tableaux suivants rappellent, pour chaque aérogénérateur du parc de Keranna et pour chaque type de machine envisagés, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

| Chute d'éléments de l'éolienne                           |         |                  |
|--|---------|------------------|
| (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) |         |                  |
| VESTAS V100  | Gravité | Niveau de risque |
| E1   | Sérieux | Acceptable       |
| E2   | Sérieux | Acceptable       |
| E3   | Sérieux | Acceptable       |
| E4   | Sérieux | Acceptable       |
| E5   | Sérieux | Acceptable       |

| Chute d'éléments de l'éolienne                           |         |                  |
|--|---------|------------------|
| (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) |         |                  |
| SENVION MM100  | Gravité | Niveau de risque |
| E1   | Sérieux | Acceptable       |
| E2   | Sérieux | Acceptable       |
| E3   | Sérieux | Acceptable       |
| E4   | Sérieux | Acceptable       |
| E5   | Sérieux | Acceptable       |

| Chute d'éléments de l'éolienne                           |         |                  |
|--|---------|------------------|
| (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) |         |                  |
| ENERCON E92  | Gravité | Niveau de risque |
| E1   | Sérieux | Acceptable       |
| E2   | Sérieux | Acceptable       |
| E3   | Sérieux | Acceptable       |
| E4   | Sérieux | Acceptable       |
| E5   | Sérieux | Acceptable       |

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

Ainsi, pour le parc éolien de Keranna, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

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

### • Zone d'effet

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

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

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

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

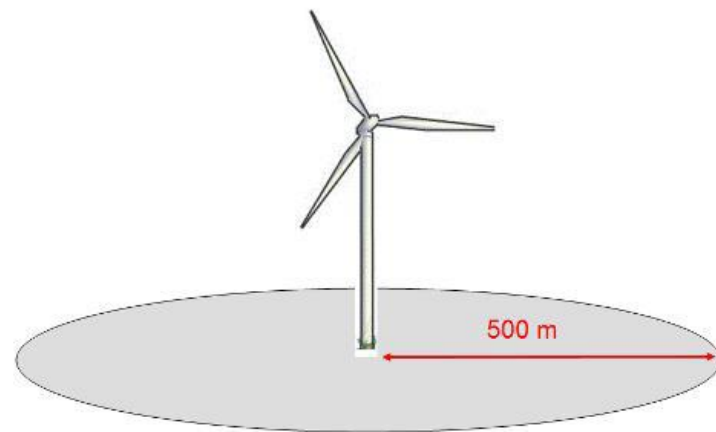


Figure 30. Projection de pales, zones d'effets

### • 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 éolien de Keranna.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_i$  la zone d'impact,  $Z_e$  la zone d'effet,  $R$  la longueur de pale ( $R$ = longueur de pale des aérogénérateurs de l'installation) et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB$ = largeur de la base de la pale des aérogénérateurs de l'installation).

| Projection de pale ou de fragment de pale<br>(zone de 500 m autour de chaque éolienne) |  |  |   |                    |
|--|--|--|---|--------------------|
| Type éolienne  | Zone d'impact en $m^2$<br>$Z_i=R*LB/2$ | Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$<br>$Z_e= \pi \times 500^2$ | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité          |
| VESTAS V100  | 97,5                                   | 785 398  | 0,01%                                       | Exposition modérée |
| SENVION MM100  | 90,0                                   | 785 398  | 0,01%                                       | Exposition modérée |
| ENERCON E92  | 89,7                                   | 785 398  | 0,01%                                       | Exposition modérée |

### • Gravité

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

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

Les tableaux suivants indiquent, pour chaque aérogénérateur et pour chaque type de machine envisagés, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection et la gravité associée :

| Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne) |                     |      |   |      |   |      |                 |           |         |
|---|---------------------|------|---|------|---|------|-----------------|-----------|---------|
| VESTAS V100   | Terrain non aménagé |      | Terrain aménagé peu fréquenté et voie de circulation non structurante |      | Terrain aménagé fréquenté / aire de stationnement |      | Zone d'activité | Total EPP | Gravité |
|   | Surface ( $m^2$ )   | epp  | Surface   | epp  | Surface   | epp  |                 |           |         |
| E1  | 770434              | 0,77 | 14964   | 0,15 | 0   | 0    | 0               | 0,92      | Modérée |
| E2  | 774038              | 0,77 | 11360   | 0,11 | 0   | 0    | 0               | 0,89      | Modérée |
| E3  | 778870              | 0,78 | 6468  | 0,06 | 60  | 0,06 | 3               | 3,90      | Sérieux |
| E4  | 779990              | 0,78 | 5348  | 0,05 | 60  | 0,06 | 7               | 7,89      | Sérieux |
| E5  | 781314              | 0,78 | 4024  | 0,04 | 60  | 0,06 | 9               | 9,88      | Sérieux |

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

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

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

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

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

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

En conséquence, et au vu de ces derniers éléments, il est considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D » : « S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité ».

#### • Acceptabilité

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

Les tableaux suivants rappellent, pour chaque aérogénérateur du parc de Keranna et pour chaque type de machine envisagés, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

| Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne) |                           |      |   |      |   |      |                 |           |         |
|---|---------------------------|------|---|------|---|------|-----------------|-----------|---------|
| SENVION<br>MM100  | Terrain non aménagé       |      | Terrain aménagé peu fréquenté et voie de circulation non structurante |      | Terrain aménagé fréquenté / aire de stationnement |      | Zone d'activité | Total EPP | Gravité |
|   | Surface (m <sup>2</sup> ) | epp  | Surface   | epp  | Surface   | epp  |                 |           |         |
| E1  | 770434                    | 0,77 | 14964   | 0,15 | 0   | 0    | 0               | 0,92      | Modérée |
| E2  | 774038                    | 0,77 | 11360   | 0,11 | 0   | 0    | 0               | 0,89      | Modérée |
| E3  | 778870                    | 0,78 | 6468  | 0,06 | 60  | 0,06 | 3               | 3,90      | Sérieux |
| E4  | 779990                    | 0,78 | 5348  | 0,05 | 60  | 0,06 | 7               | 7,89      | Sérieux |
| E5  | 781314                    | 0,78 | 4024  | 0,04 | 60  | 0,06 | 9               | 9,88      | Sérieux |

| Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne) |                           |      |   |      |   |      |                 |           |         |
|---|---------------------------|------|---|------|---|------|-----------------|-----------|---------|
| ENERCON<br>E92  | Terrain non aménagé       |      | Terrain aménagé peu fréquenté et voie de circulation non structurante |      | Terrain aménagé fréquenté / aire de stationnement |      | Zone d'activité | Total EPP | Gravité |
|   | Surface (m <sup>2</sup> ) | epp  | Surface   | epp  | Surface   | epp  |                 |           |         |
| E1  | 770434                    | 0,77 | 14964   | 0,15 | 0   | 0    | 0               | 0,92      | Modérée |
| E2  | 774038                    | 0,77 | 11360   | 0,11 | 0   | 0    | 0               | 0,89      | Modérée |
| E3  | 778870                    | 0,78 | 6468  | 0,06 | 60  | 0,06 | 3               | 3,90      | Sérieux |
| E4  | 779990                    | 0,78 | 5348  | 0,05 | 60  | 0,06 | 7               | 7,89      | Sérieux |
| E5  | 781314                    | 0,78 | 4024  | 0,04 | 60  | 0,06 | 9               | 9,88      | Sérieux |

#### • Probabilité

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

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

| Projection de pale ou de fragment de pale<br>(zone de 500 m autour de chaque éolienne) |         |                  |
|--|---------|------------------|
| VESTAS V100  | Gravité | Niveau de risque |
| E1   | Modérée | Acceptable       |
| E2   | Modérée | Acceptable       |
| E3   | Sérieux | Acceptable       |
| E4   | Sérieux | Acceptable       |
| E5   | Sérieux | Acceptable       |

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

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

| Projection de pale ou de fragment de pale<br>(zone de 500 m autour de chaque éolienne) |         |                  |
|--|---------|------------------|
| SENVION MM100  | Gravité | Niveau de risque |
| E1   | Modérée | Acceptable       |
| E2   | Modérée | Acceptable       |
| E3   | Sérieux | Acceptable       |
| E4   | Sérieux | Acceptable       |
| E5   | Sérieux | Acceptable       |

| Projection de pale ou de fragment de pale<br>(zone de 500 m autour de chaque éolienne) |         |                  |
|--|---------|------------------|
| ENERCON E92  | Gravité | Niveau de risque |
| E1   | Modérée | Acceptable       |
| E2   | Modérée | Acceptable       |
| E3   | Sérieux | Acceptable       |
| E4   | Sérieux | Acceptable       |
| E5   | Sérieux | Acceptable       |

## VIII.2.5. PROJECTION DE GLACE

- **Zone d'effet**

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

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

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

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

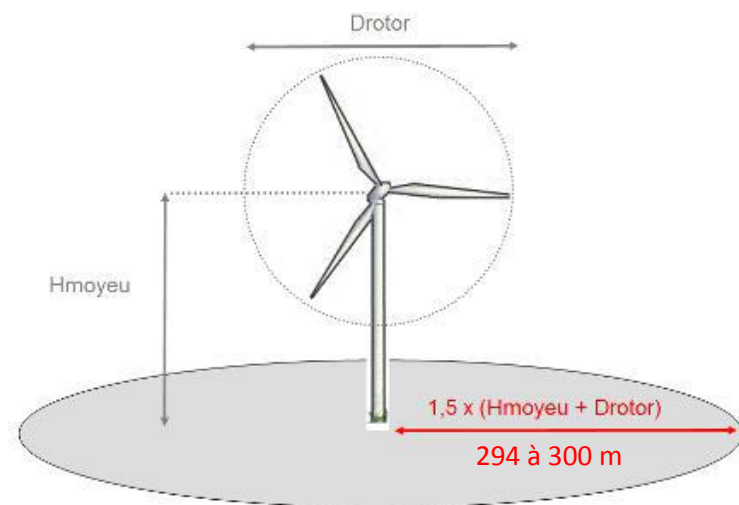


Figure 31. Projection de glace, zone d'effet

| Type éolienne | hauteur de moyeu | diamètre de rotor | Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor) |
|---------------|------------------|-------------------|---|
| VESTAS V100   | 100,0            | 100,0             | 300,0   |
| SENVION MM100 | 100,0            | 100,0             | 300,0   |
| ENERCON E92   | 104,0            | 92,0              | 294,0   |

- **Intensité**

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

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien de Keranna.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_i$  la zone d'impact,  $Z_e$  la zone d'effet,  $R$  la longueur de pale ( $R$ = longueur de pale des aérogénérateurs de l'installation),  $H$  la hauteur au moyeu ( $H$ = hauteur au moyeu des aérogénérateurs de l'installation), et  $SG$  la surface majorante d'un morceau de glace.

| Projection de morceaux de glace                                      |                                 |  |   |                    |
|--|---------------------------------|--|---|--------------------|
| (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne) |                                 |  |   |                    |
| Type éolienne  | Zone d'impact en m <sup>2</sup> | Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup> | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité          |
|  | $Z_i = SG$                      | $Z_e = \pi \times 1,5^2 \times (H+2R)^2$           |   |                    |
| VESTAS V100  | 1                               | 282743   | 0,0004%                                     | Exposition modérée |
| SENVION MM100  | 1                               | 282743   | 0,0004%                                     | Exposition modérée |
| ENERCON E92  | 1                               | 271547   | 0,0004%                                     | Exposition modérée |

- **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

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

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

Les tableaux suivants indiquent, pour chaque aérogénérateur et pour chaque type de machine envisagés, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de glace et la gravité associée :

| Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne) |                           |      |   |      |   |      |                 |           |         |
|--|---------------------------|------|---|------|---|------|-----------------|-----------|---------|
| VESTAS V100  | Terrain non aménagé       |      | Terrain aménagé peu fréquenté et voie de circulation non structurante |      | Terrain aménagé fréquenté / aire de stationnement |      | Zone d'activité | Total EPP | Gravité |
|  | Surface (m <sup>2</sup> ) | epp  | Surface   | epp  | Surface   | epp  |                 |           |         |
| E1   | 276287                    | 0,28 | 6456  | 0,06 | 0   | 0    | 0               | 0,34      | Modéré  |
| E2   | 278679                    | 0,28 | 4064  | 0,04 | 0   | 0    | 0               | 0,32      | Modéré  |
| E3   | 280587                    | 0,28 | 2096  | 0,02 | 60  | 0,06 | 3               | 3,36      | Sérieux |
| E4   | 280663                    | 0,28 | 2020  | 0,02 | 60  | 0,06 | 3               | 3,36      | Sérieux |
| E5   | 282743                    | 0,28 | 0   | 0,00 | 0   | 0    | 0               | 0,28      | Modéré  |

| Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne) |                           |      |   |      |   |      |                 |           |         |
|--|---------------------------|------|---|------|---|------|-----------------|-----------|---------|
| SENVION MM100  | Terrain non aménagé       |      | Terrain aménagé peu fréquenté et voie de circulation non structurante |      | Terrain aménagé fréquenté / aire de stationnement |      | Zone d'activité | Total EPP | Gravité |
|  | Surface (m <sup>2</sup> ) | epp  | Surface   | epp  | Surface   | epp  |                 |           |         |
| E1   | 276287                    | 0,28 | 6456  | 0,06 | 0   | 0    | 0               | 0,34      | Modéré  |
| E2   | 278679                    | 0,28 | 4064  | 0,04 | 0   | 0    | 0               | 0,32      | Modéré  |
| E3   | 280587                    | 0,28 | 2096  | 0,02 | 60  | 0,06 | 3               | 3,36      | Sérieux |
| E4   | 280663                    | 0,28 | 2020  | 0,02 | 60  | 0,06 | 3               | 3,36      | Sérieux |
| E5   | 282743                    | 0,28 | 0   | 0,00 | 0   | 0    | 0               | 0,28      | Modéré  |

| Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne) |                           |      |   |      |   |      |                 |           |         |
|--|---------------------------|------|---|------|---|------|-----------------|-----------|---------|
| ENERCON E92  | Terrain non aménagé       |      | Terrain aménagé peu fréquenté et voie de circulation non structurante |      | Terrain aménagé fréquenté / aire de stationnement |      | Zone d'activité | Total EPP | Gravité |
|  | Surface (m <sup>2</sup> ) | epp  | Surface   | epp  | Surface   | epp  |                 |           |         |
| E1   | 265091                    | 0,27 | 6456  | 0,06 | 0   | 0    | 0               | 0,33      | Modéré  |
| E2   | 267483                    | 0,27 | 4064  | 0,04 | 0   | 0    | 0               | 0,31      | Modéré  |
| E3   | 269391                    | 0,27 | 2096  | 0,02 | 60  | 0,06 | 3               | 3,35      | Sérieux |
| E4   | 269467                    | 0,27 | 2020  | 0,02 | 60  | 0,06 | 3               | 3,35      | Sérieux |
| E5   | 271547                    | 0,27 | 0   | 0,00 | 0   | 0    | 0               | 0,27      | Modéré  |

- **Probabilité**

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

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

Une probabilité forfaitaire « B – événement probable » est proposé pour cet événement, sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C. Le risque n'est donc pas permanent.

- **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.

Les tableaux suivant rappellent, pour chaque aérogénérateur du parc de Keranna et pour chaque types de machine envisagés, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

| Projection de morceaux de glace<br>(dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne) |         |  |                  |
|---|---------|--|------------------|
| VESTAS V100   | Gravité | Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage | Niveau de risque |
| E1  | Modéré  | oui  | Acceptable       |
| E2  | Modéré  | oui  | Acceptable       |
| E3  | Sérieux | oui  | Acceptable       |
| E4  | Sérieux | oui  | Acceptable       |
| E5  | Modéré  | oui  | Acceptable       |

| Projection de morceaux de glace<br>(dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne) |         |  |                  |
|---|---------|--|------------------|
| SENVION MM100   | Gravité | Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage | Niveau de risque |
| E1  | Modéré  | oui  | Acceptable       |
| E2  | Modéré  | oui  | Acceptable       |
| E3  | Sérieux | oui  | Acceptable       |
| E4  | Sérieux | oui  | Acceptable       |
| E5  | Modéré  | oui  | Acceptable       |

| Projection de morceaux de glace                                      |         |  |                  |
|--|---------|--|------------------|
| (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne) |         |  |                  |
| ENERCON<br>E92   | Gravité | Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage | Niveau de risque |
| E1   | Modéré  | oui  | Acceptable       |
| E2   | Modéré  | oui  | Acceptable       |
| E3   | Sérieux | oui  | Acceptable       |
| E4   | Sérieux | oui  | Acceptable       |
| E5   | Modéré  | oui  | Acceptable       |

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

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



### VIII.3. TABLEAU DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ETUDIÉS

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Les tableaux regrouperont les éoliennes qui ont le même profil de risque.

| Scénario                       | Eolienne                                       | Zone d'effet   |       | Cinétique | Intensité | Probabilité   | Gravité  |   |
|--------------------------------|--|--|-------|-----------|-----------|---|--|---|
| Chute d'éléments de l'éolienne | Vestas V100<br>Senvion<br>MM100<br>Enercon E92 | Zone de survol   | V100  | 50 m      | Rapide    | Exposition Forte  | C - Improbable   | Sérieux   |
|                                |  |  | MM100 | 50 m      |           |   |  |   |
|                                |  |  | E92   | 46 m      |           |   |  |   |
| Effondrement de l'éolienne     | Vestas V100<br>Senvion<br>MM100<br>Enercon E92 | Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale | V100  | 150 m     | Rapide    | V100=Exposition Forte<br>MM100=Exposition Modérée<br>E92=Exposition Forte | D - Rare   | V100 et E92 - E1 E2 E4 E5 = Sérieux<br>E3 = Important<br>MM100 - E1 E2 E4 E5 = Modéré<br>E3 = Sérieux |
|                                |  |  | MM100 | 150 m     |           |   |  |   |
|                                |  |  | E92   | 150 m     |           |   |  |   |
| Chute de glace                 | Vestas V100<br>Senvion<br>MM100<br>Enercon E92 | Zone de survol   | V100  | 50 m      | Rapide    | Exposition modérée  | A - Courant, sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C  | Modéré  |
|                                |  |  | MM100 | 50 m      |           |   |  |   |
|                                |  |  | E92   | 46 m      |           |   |  |   |
| Projection de pale             | Vestas V100<br>Senvion<br>MM100<br>Enercon E92 | 500 m autour de l'éolienne   | V100  | 500 m     | Rapide    | Exposition modérée  | D - Rare   | E1 E2 = Modéré<br>E3 E4 E5 = Sérieux  |
|                                |  |  | MM100 | 500 m     |           |   |  |   |
|                                |  |  | E92   | 500 m     |           |   |  |   |
| Projection de glace            | Vestas V100<br>Senvion<br>MM100<br>Enercon E92 | 1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne  | V100  | 300 m     | Rapide    | Exposition modérée  | B - Probable, sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C | E1 E2 E5 = Modéré<br>E3 E4 = Sérieux  |
|                                |  |  | MM100 | 300 m     |           |   |  |   |
|                                |  |  | E92   | 294 m     |           |   |  |   |

### VIII.3.1. 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 par type d'éolienne envisagé, 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.

➤ Vestas V100 :

| GRAVITÉ des Conséquences | Classe de Probabilité |   |                                      |                                |                          |
|--------------------------|-----------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
|                          | E                     | D   | C                                    | B                              | A                        |
| Désastreux               |                       |   |                                      |                                |                          |
| Catastrophique           |                       |   |                                      |                                |                          |
| Important                |                       | Effondrement de l'éolienne E3   |                                      |                                |                          |
| Sérieux                  |                       | Effondrement de l'éolienne E1 E2 E4 E5<br>Projection de pale ou fragment de pale E3 E4 E5 | Chute d'élément d'éolienne (E1 à E5) | Projection de glace E3 E4      |                          |
| Modéré                   |                       | Projection de pale ou fragment de pale E1 E2  |                                      | Projection de glace E1E2 et E5 | Chute de glace (E1 à E5) |

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

➤ Senvion MM100 :

| GRAVITÉ des Conséquences | Classe de Probabilité |  |                                      |                                 |                          |
|--------------------------|-----------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
|                          | E                     | D  | C                                    | B                               | A                        |
| Désastreux               |                       |  |                                      |                                 |                          |
| Catastrophique           |                       |  |                                      |                                 |                          |
| Important                |                       |  |                                      |                                 |                          |
| Sérieux                  |                       | Effondrement de l'éolienne E3<br>Projection de pale ou fragment de pale E3 E4 E5       | Chute d'élément d'éolienne (E1 à E5) | Projection de glace E3 E4       |                          |
| Modéré                   |                       | Effondrement de l'éolienne E1 E2 E4 E5<br>Projection de pale ou fragment de pale E1 E2 |                                      | Projection de glace E1 E2 et E5 | Chute de glace (E1 à E5) |

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

➤ Enercon E92 :

| GRAVITÉ des Conséquences | Classe de Probabilité |   |                                      |                                 |                          |
|--------------------------|-----------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
|                          | E                     | D   | C                                    | B                               | A                        |
| Désastreux               |                       |   |                                      |                                 |                          |
| Catastrophique           |                       |   |                                      |                                 |                          |
| Important                |                       | Effondrement de l'éolienne E3   |                                      |                                 |                          |
| Sérieux                  |                       | Effondrement de l'éolienne E1 E2 E4 E5<br>Projection de pale ou fragment de pale E3 E4 E5 | Chute d'élément d'éolienne (E1 à E5) | Projection de glace E3 E4       |                          |
| Modéré                   |                       | Projection de pale ou fragment de pale E1 E2  |                                      | Projection de glace E1 E2 et E5 | Chute de glace (E1 à E5) |

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice quel que soit le type d'éolienne envisagé.
- certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie VII.6 sont mises en place.

**L'étude conclut à l'acceptabilité du risque généré par le parc éolien Keranna, en effet le risque associé à chaque événement redouté étudié, quel que soit l'éolienne est considéré acceptable.**

### VIII.3.2. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Les cartes de synthèse suivante mettent en avant l'intensité, la gravité, la cinétique et la probabilité de chaque scénario et pour chaque configuration possible du parc éolien de Keranna (3 modèles d'éoliennes à l'étude) :

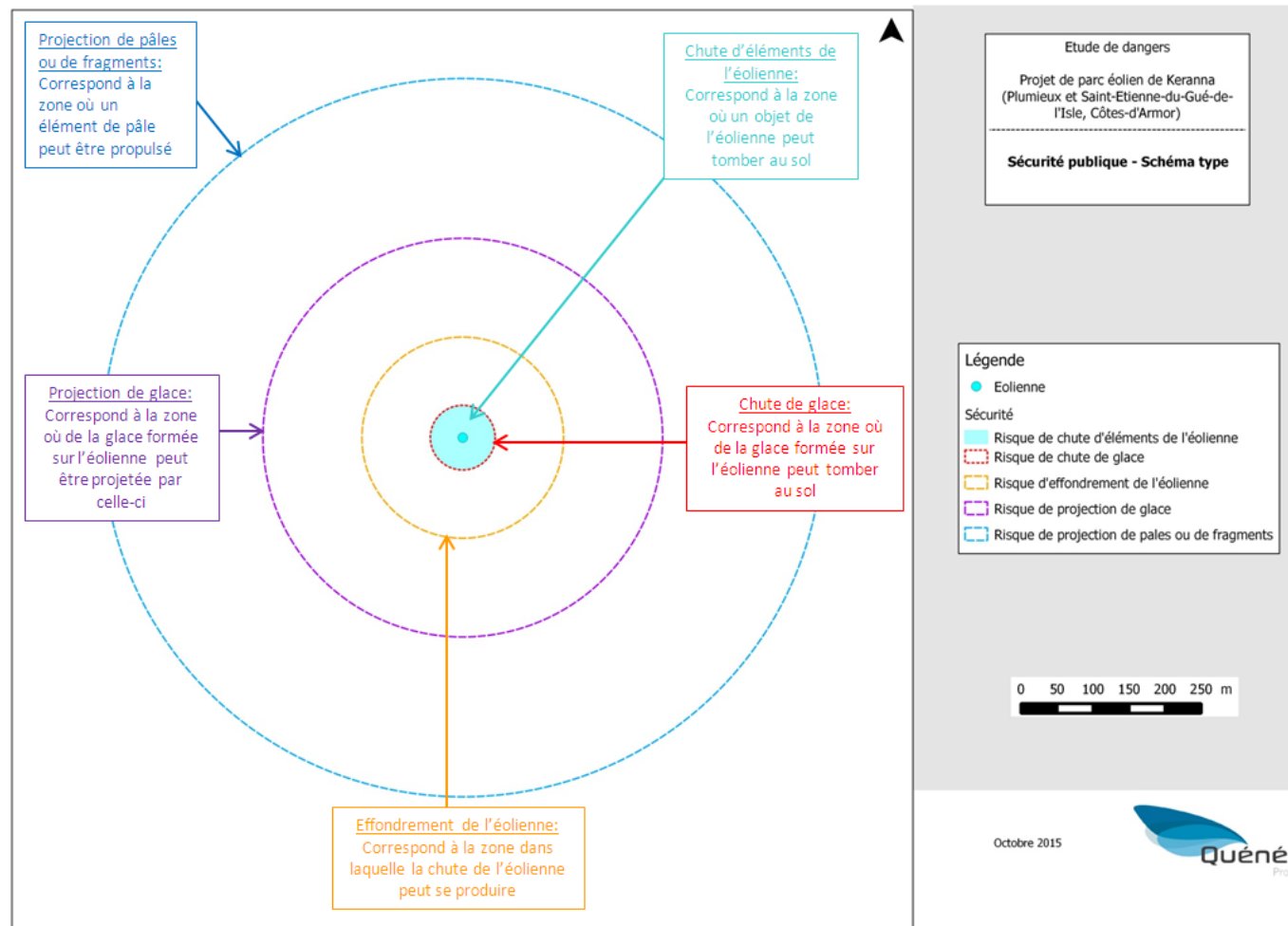


Figure 32. Schéma type des risques pris en compte pour la sécurité publique

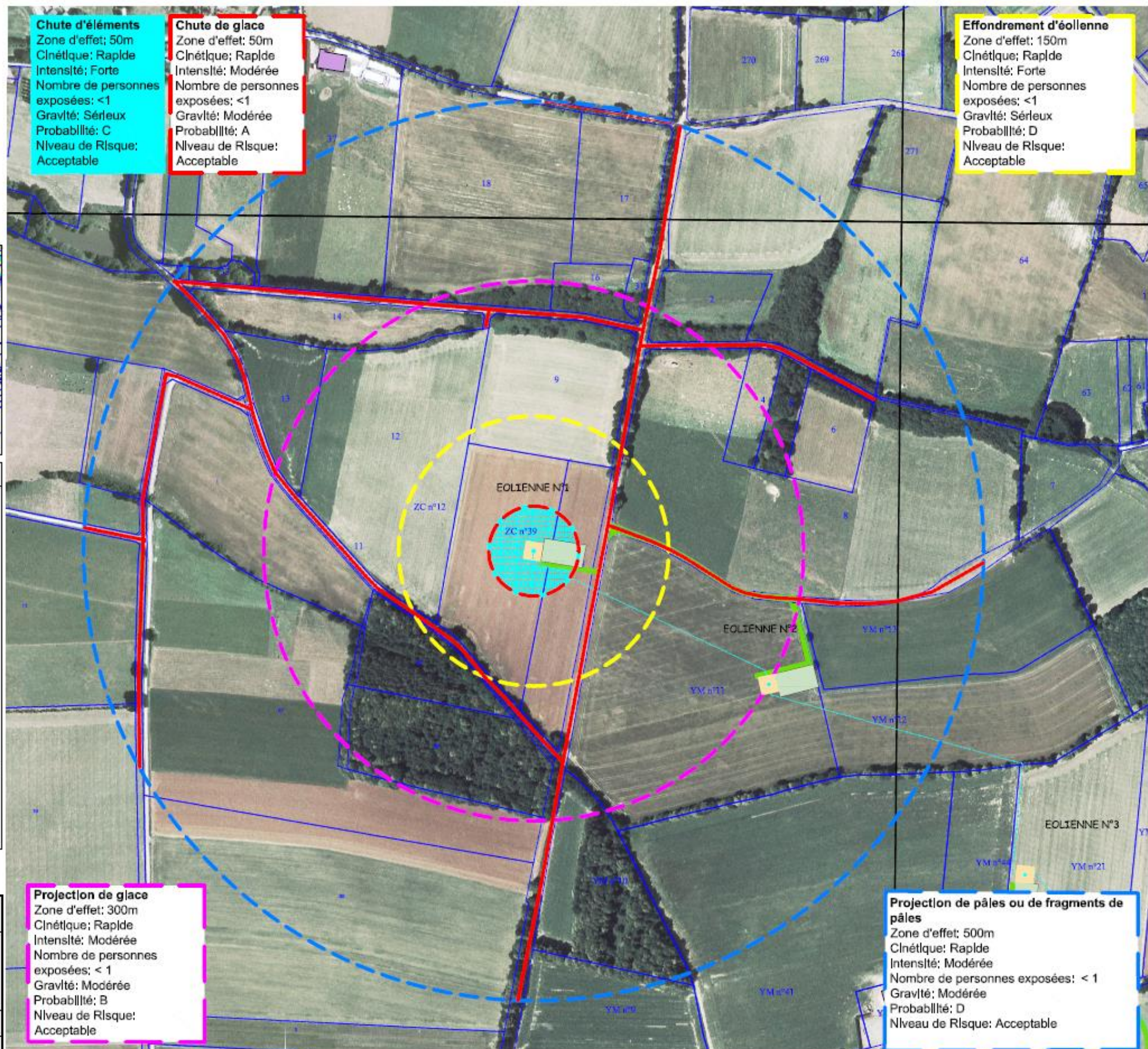
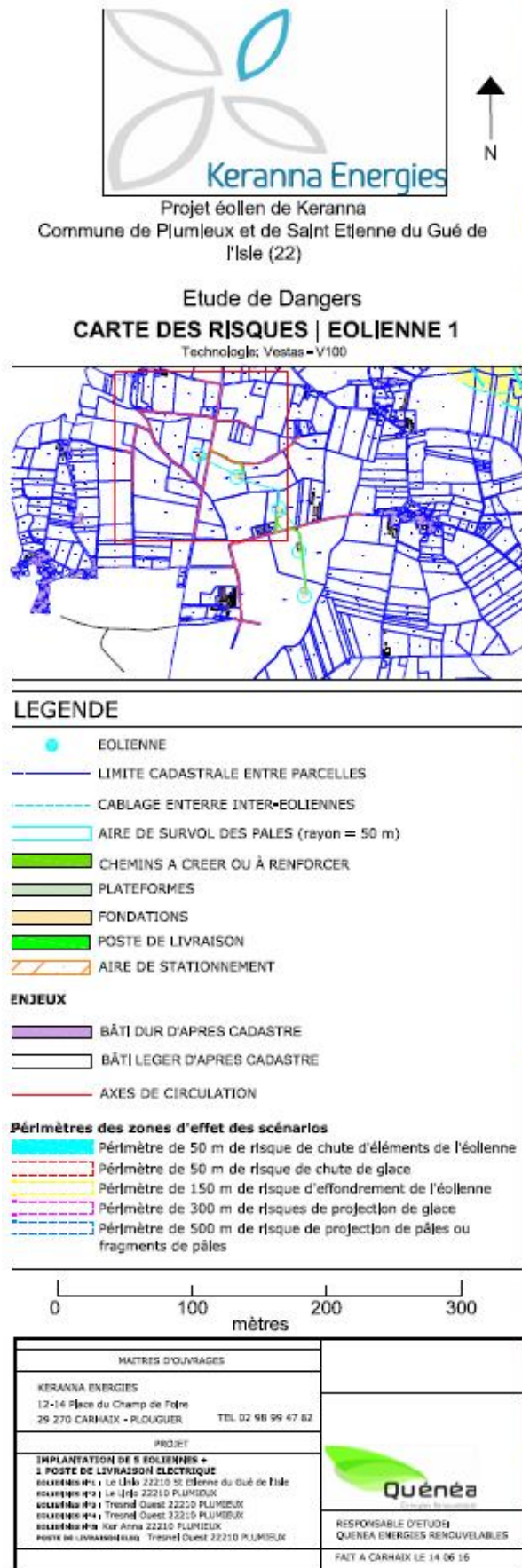


Figure 33. Synthèse des risques – Modèle Vestas V100 – Eolienne 1

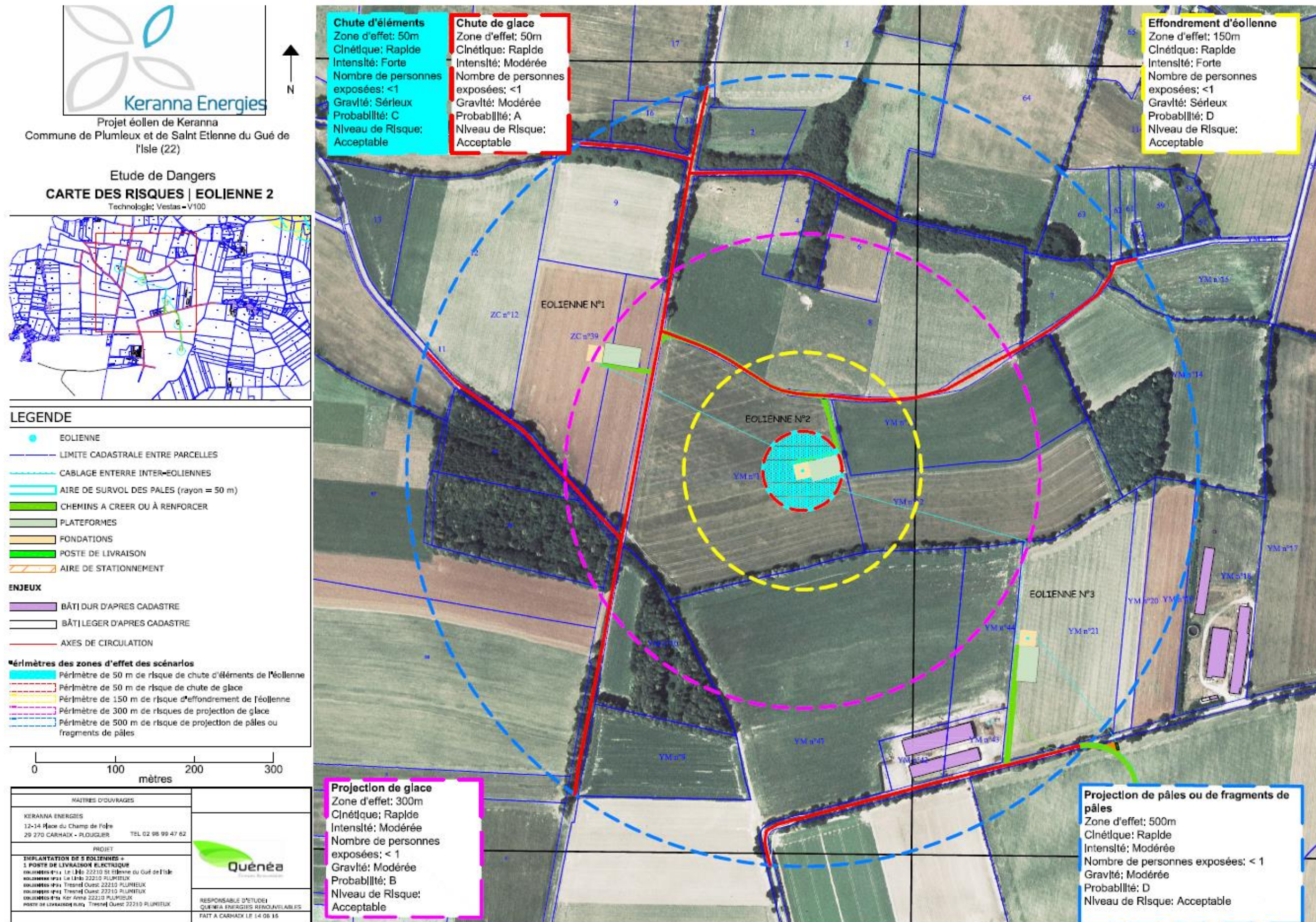


Figure 34. Synthèse des risques – Modèle Vestas V100 – Eolienne 2

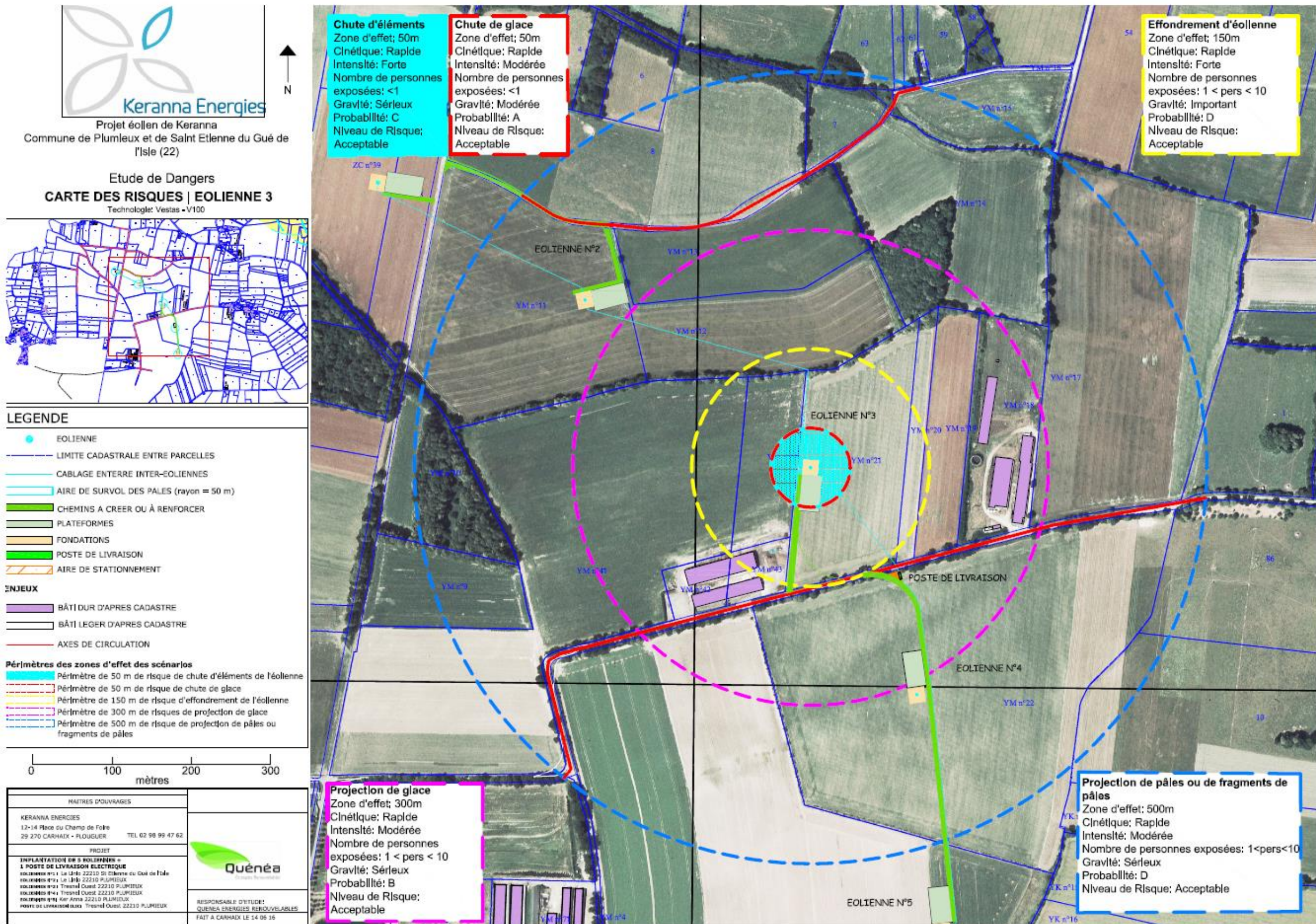
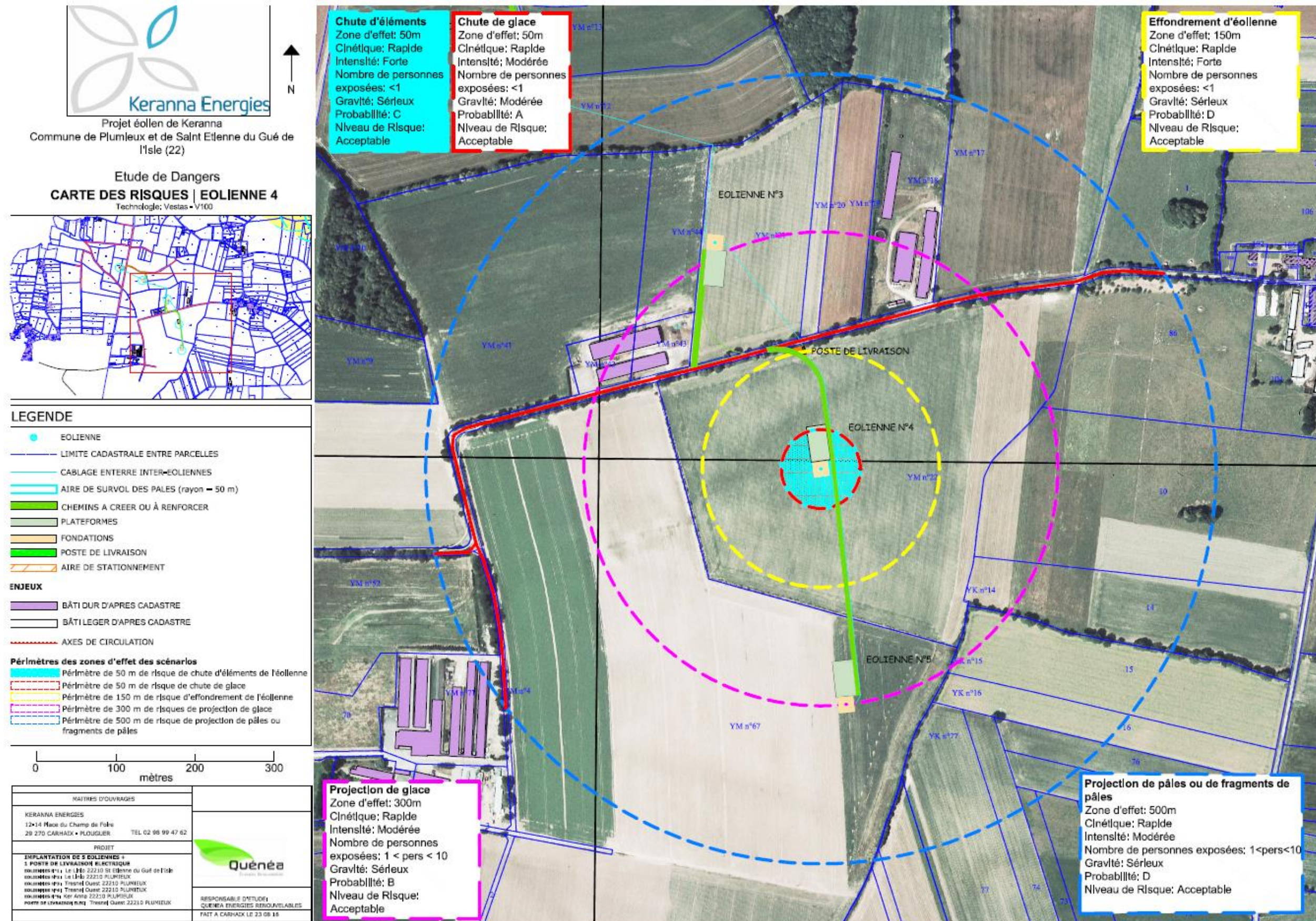


Figure 35. Synthèse des risques – Modèle Vestas V100 – Eolienne 3



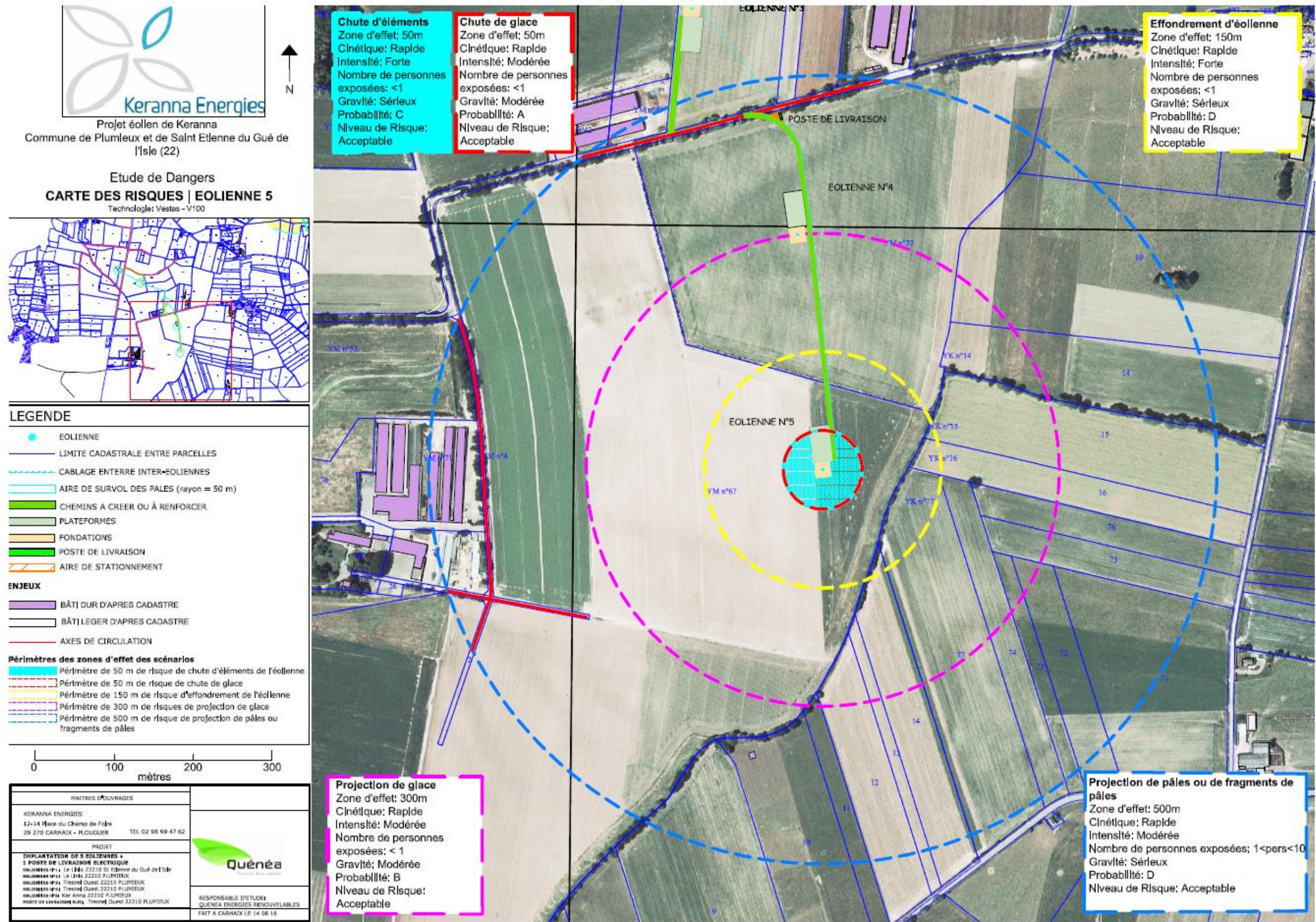


Figure 37. Synthèse des risques – Modèle Vestas V100 – Eolienne 5



**Keranna Energies**  
 Projet éolien de Keranna  
 Commune de Plumleux et de Saint Etienne du Gué de l'Isle (22)

**Etude de Dangers**  
**CARTE DES RISQUES | EOLIENNE 1**  
 Technologie: Servion - MM100

**LEGENDE**

- EOLIENNE
- LIMITE CADASTRALE ENTRE PARCELLES
- CABLAGE ENTERRÉ INTER-EOLIENNES
- AIRE DE SURVOL DES PALES (rayon = 50 m)
- CHEMINS A CREER OU A RENFORCER
- PLATEFORMES
- FONDATIONS
- POSTE DE LIVRAISON
- AIRE DE STATIONNEMENT

**ENJEUX**

- BÂTI DUR D'APRES CADASTRE
- BÂTI LEGER D'APRES CADASTRE
- AXES DE CIRCULATION

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

- Périmètre de 50 m de risque de chute d'éléments de l'éolienne
- Périmètre de 50 m de risque de chute de glace
- Périmètre de 150 m de risque d'effondrement de l'éolienne
- Périmètre de 300 m de risques de projection de glace
- Périmètre de 500 m de risque de projection de pâles ou fragments de pâles

0 100 200 300 mètres

|  |  |
|--|--|
| MATRICES D'OUVRAGES  |  |
| KERANNA ENERGIES<br>12-14 Place du Champ de Foire<br>29 270 CARHAIX - PLOUGUER TEL 02 98 99 47 62  |  |
| PROJET<br>IMPLANTATION DE 5 EOLIENNES + 1 POSTE DE LIVRAISON ELECTRIQUE<br>EOLIENNE N°1 : Le Uho 22210 St Etienne du Gué de l'Isle<br>EOLIENNE N°2 : Le Uho 22210 PLUMLEUX<br>EOLIENNE N°3 : Treoné Ouest 22210 PLUMLEUX<br>EOLIENNE N°4 : Kar Anna 22210 PLUMLEUX<br>POSTE DE LIVRAISON : Treoné Ouest 22210 PLUMLEUX |  |
| RESPONSABLE D'ETUDE<br>QUENEA ENERGIES RENOUVELABLES<br>FAIT A CARHAIX LE 14 06 16   |  |

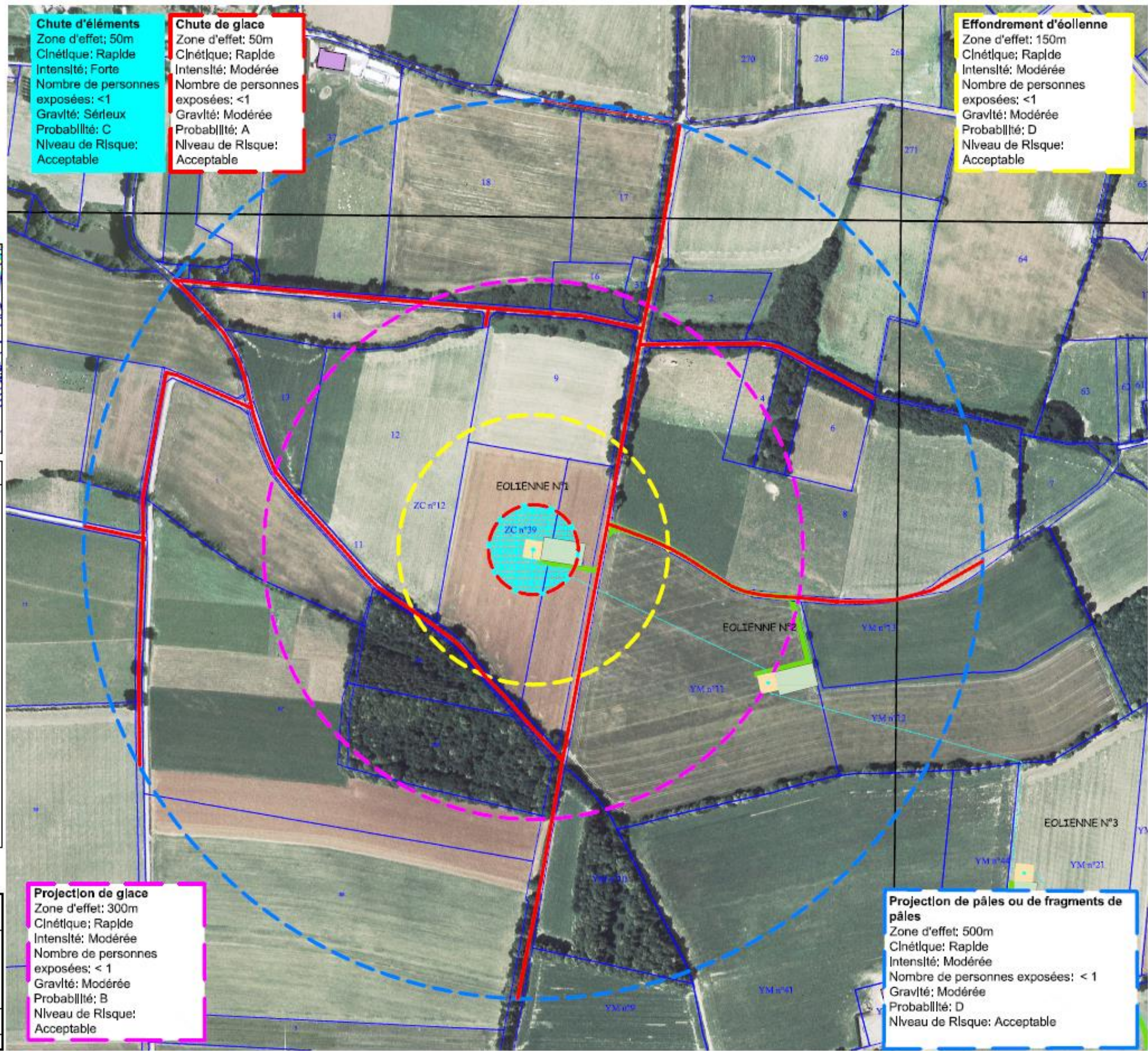


Figure 38. Synthèse des risques – Modèle Servion MM100 – Eolienne 1

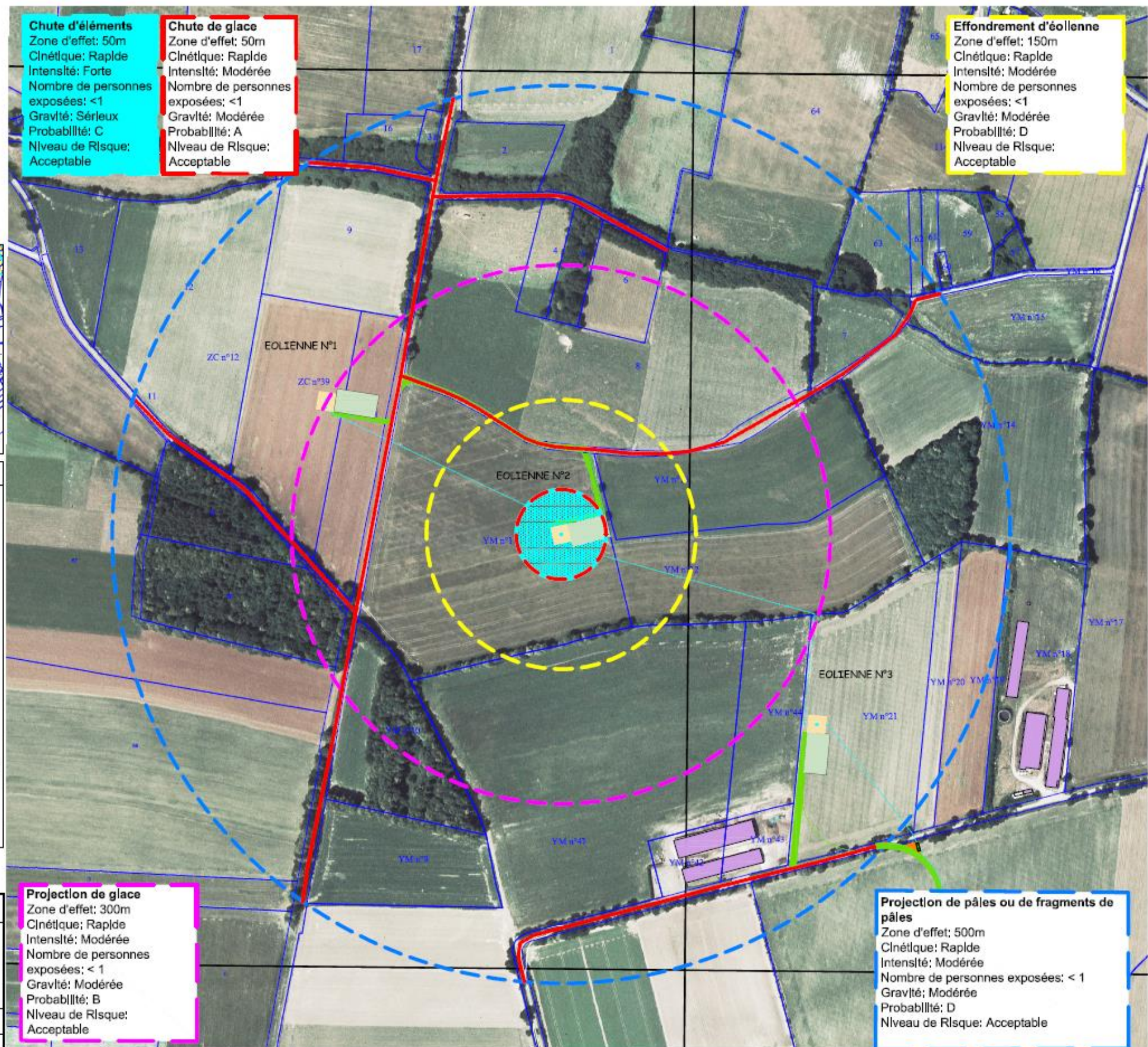
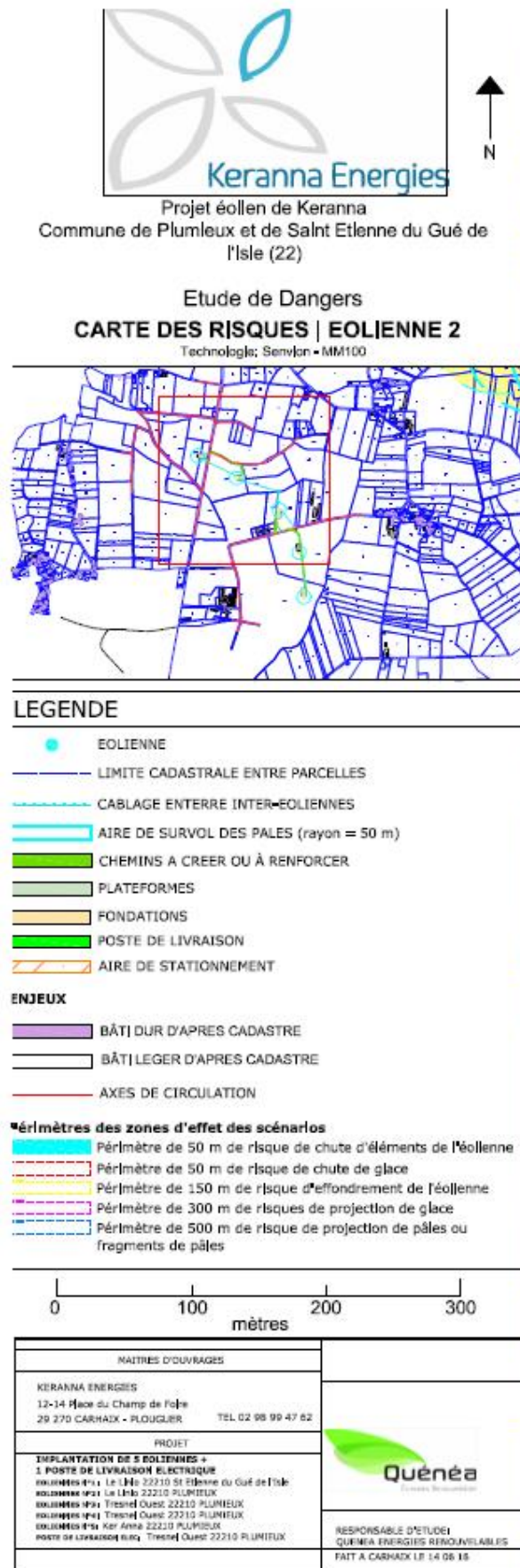


Figure 39. Synthèse des risques – Modèle Servjon MM100 – Eolienne 2

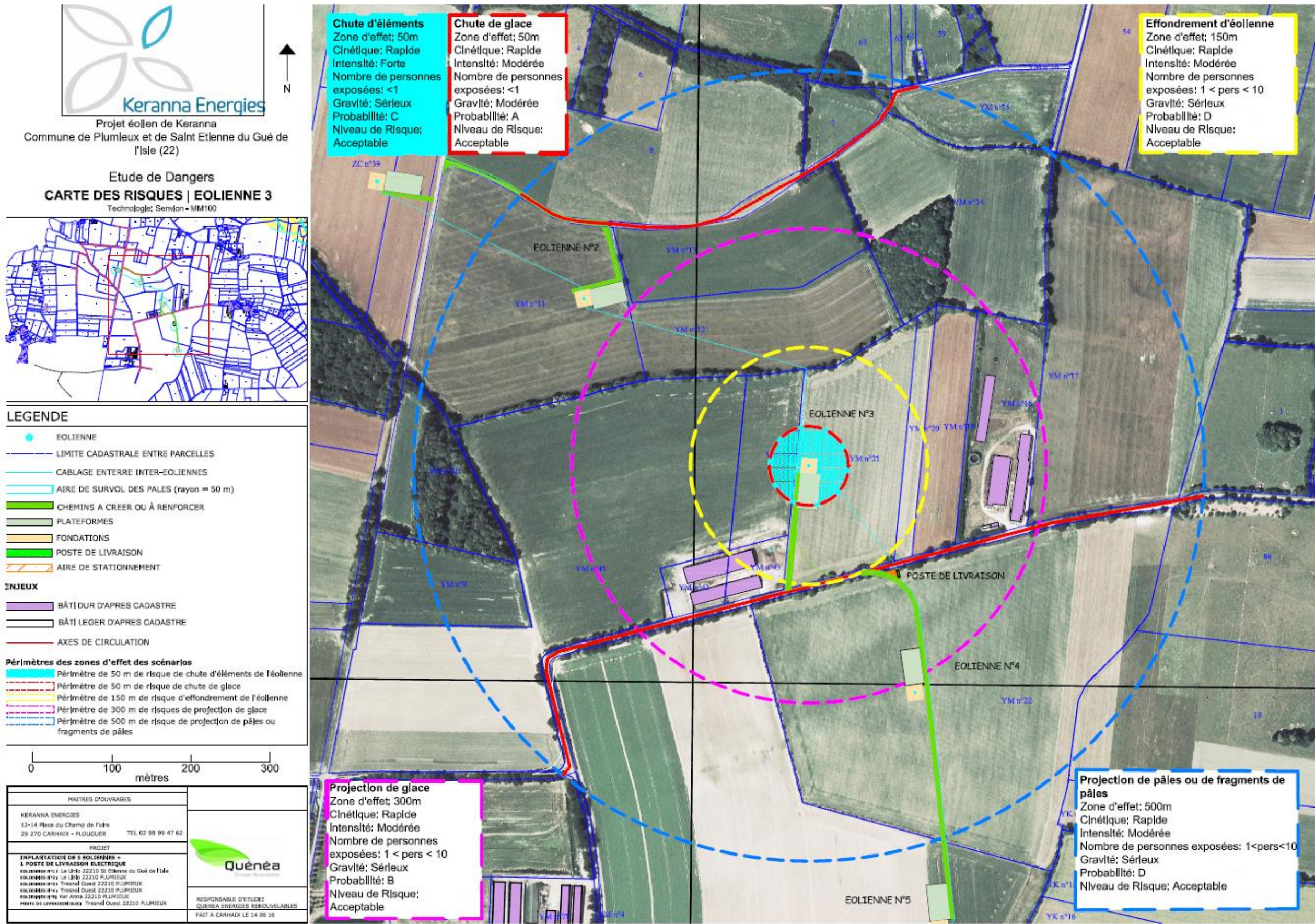


Figure 40. Synthèse des risques – Modèle Servion MM100 – Eolienne 3

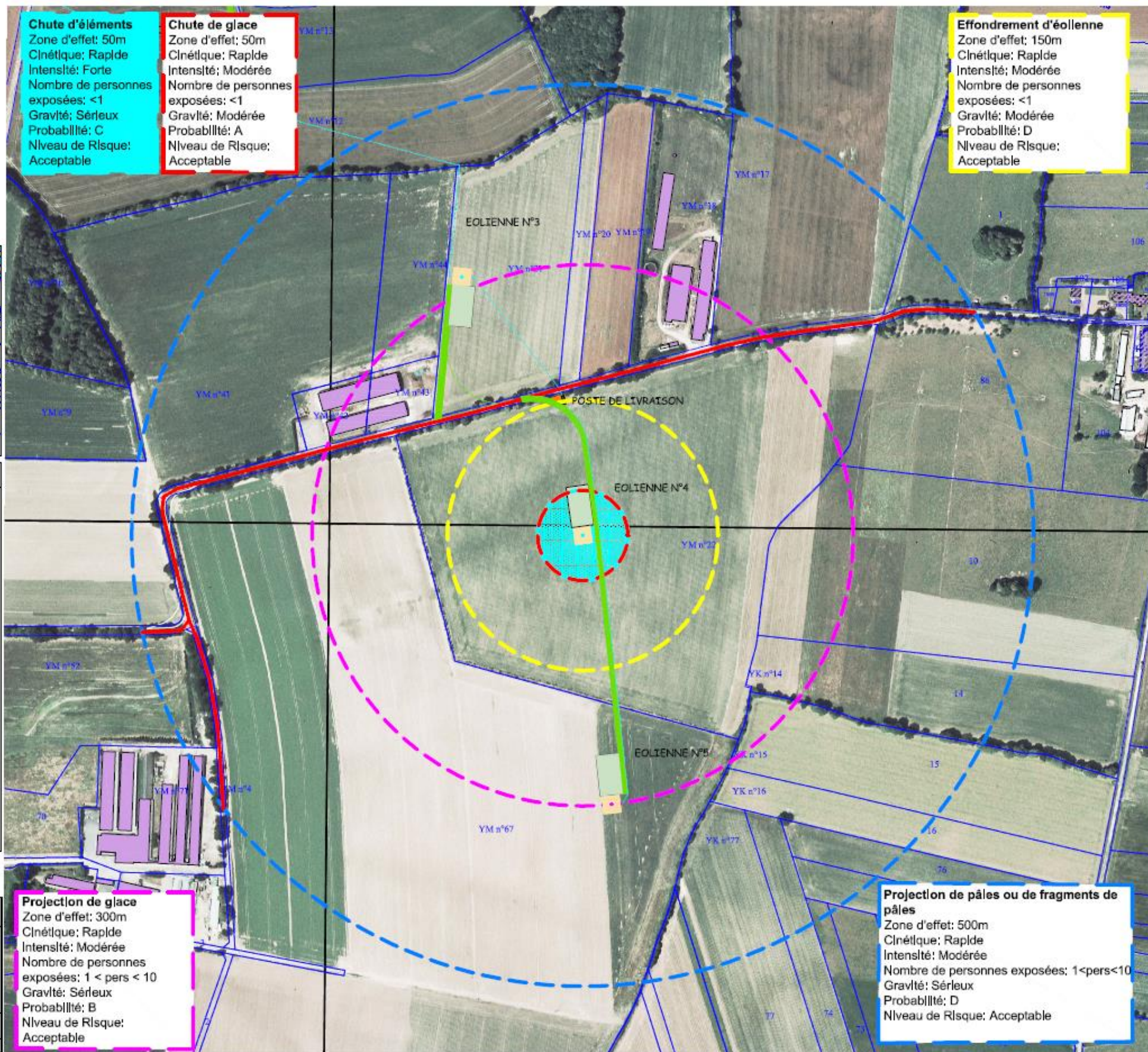
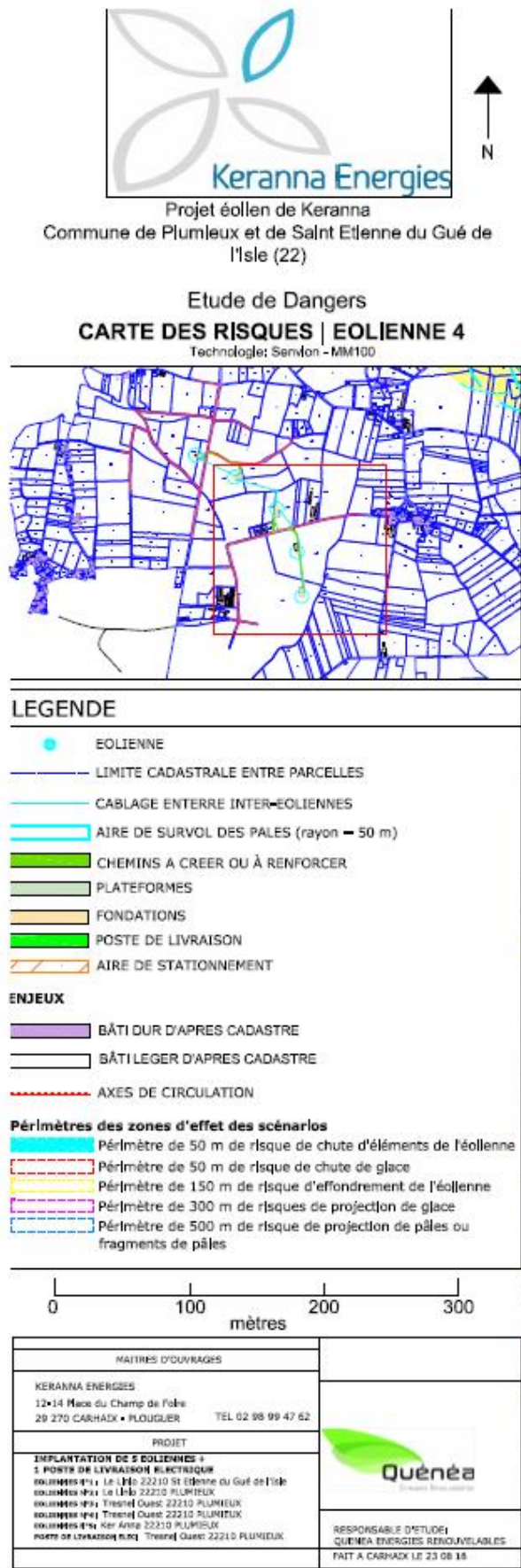


Figure 41. Synthèse des risques – Modèle Senvion MM100 – Eolienne 4

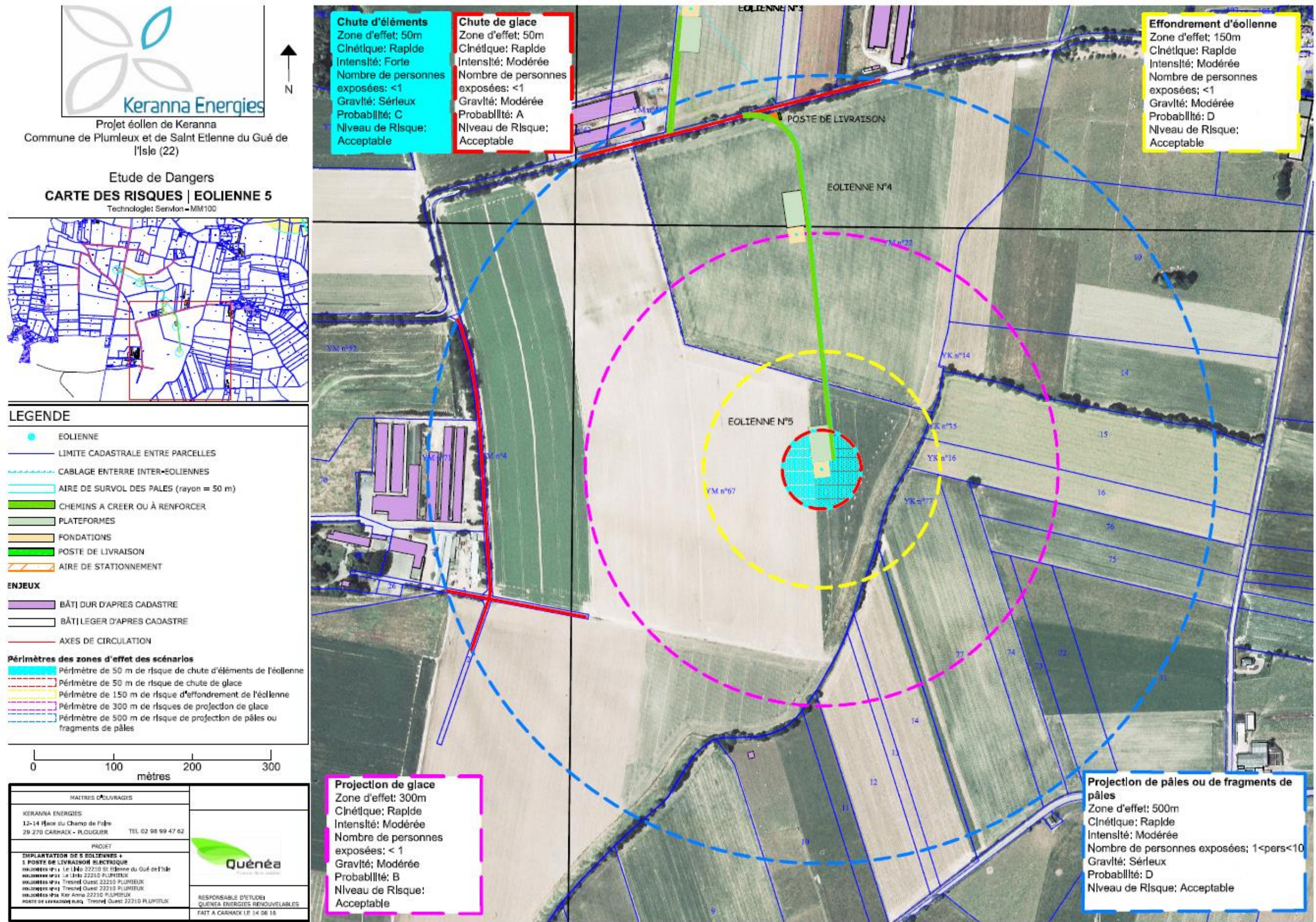


Figure 42. Synthèse des risques – Modèle Servion MM100 – Eolienne 5

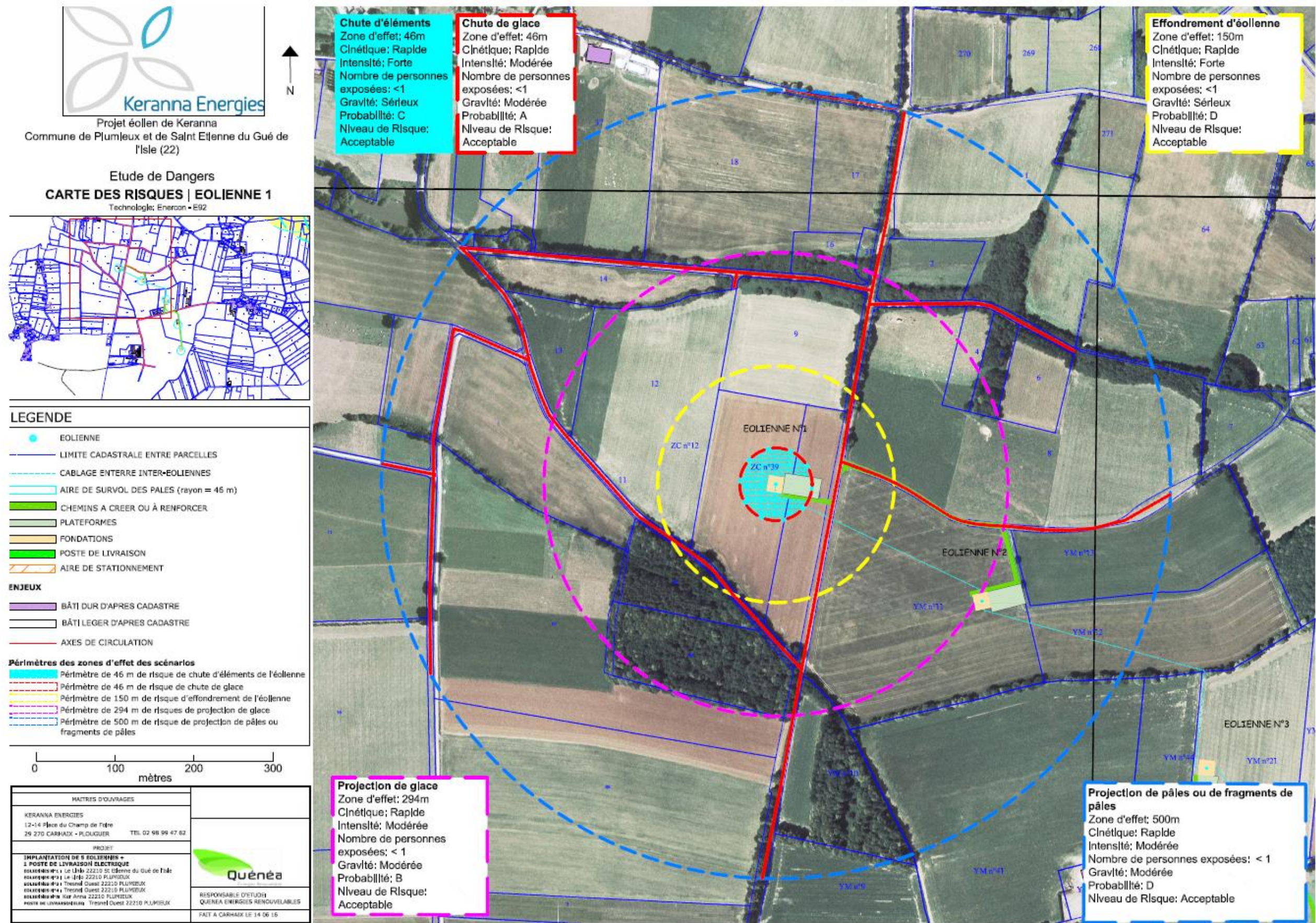


Figure 43. Synthèse des risques – Modèle Enercon E92 – Eolienne 1

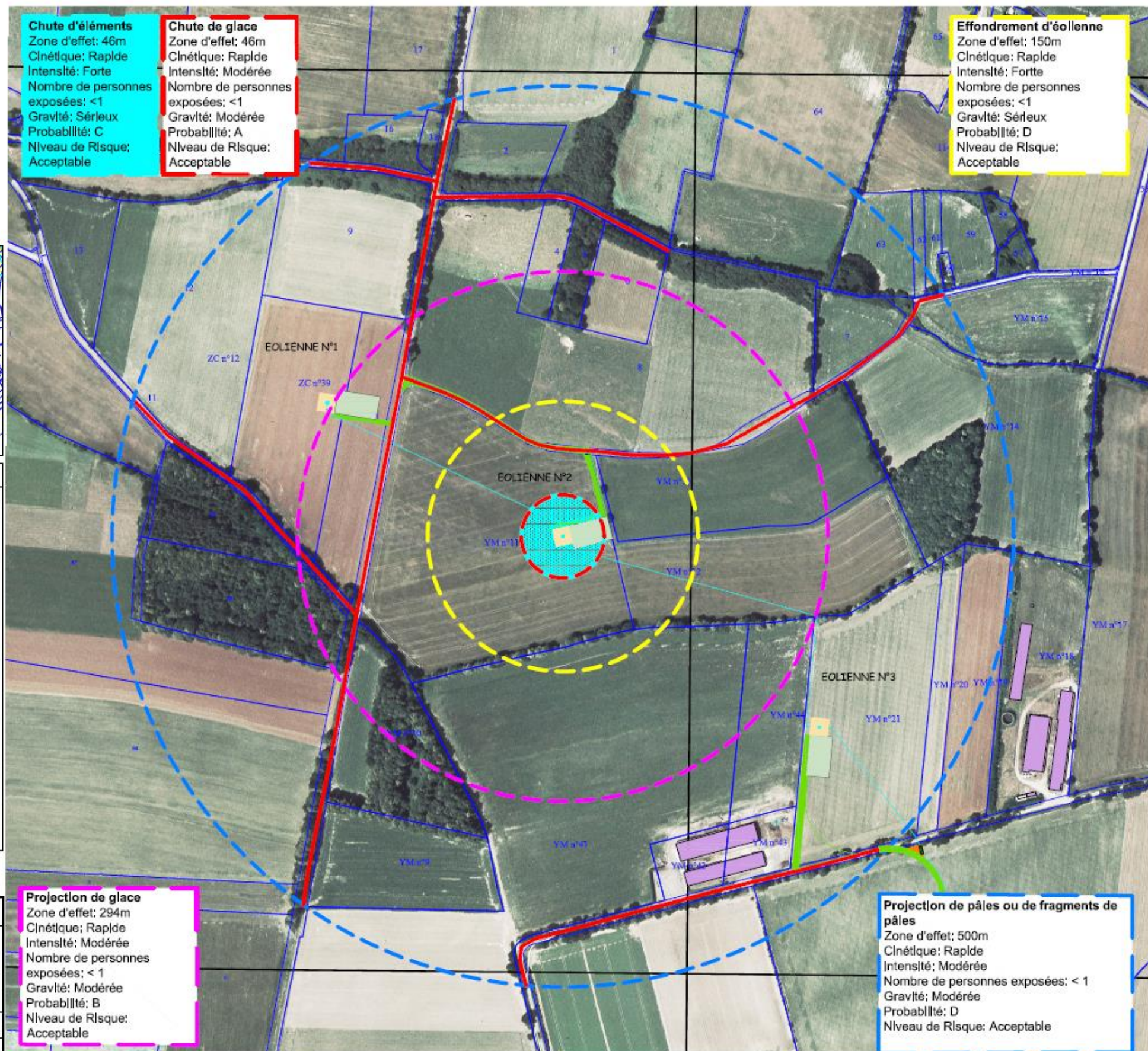
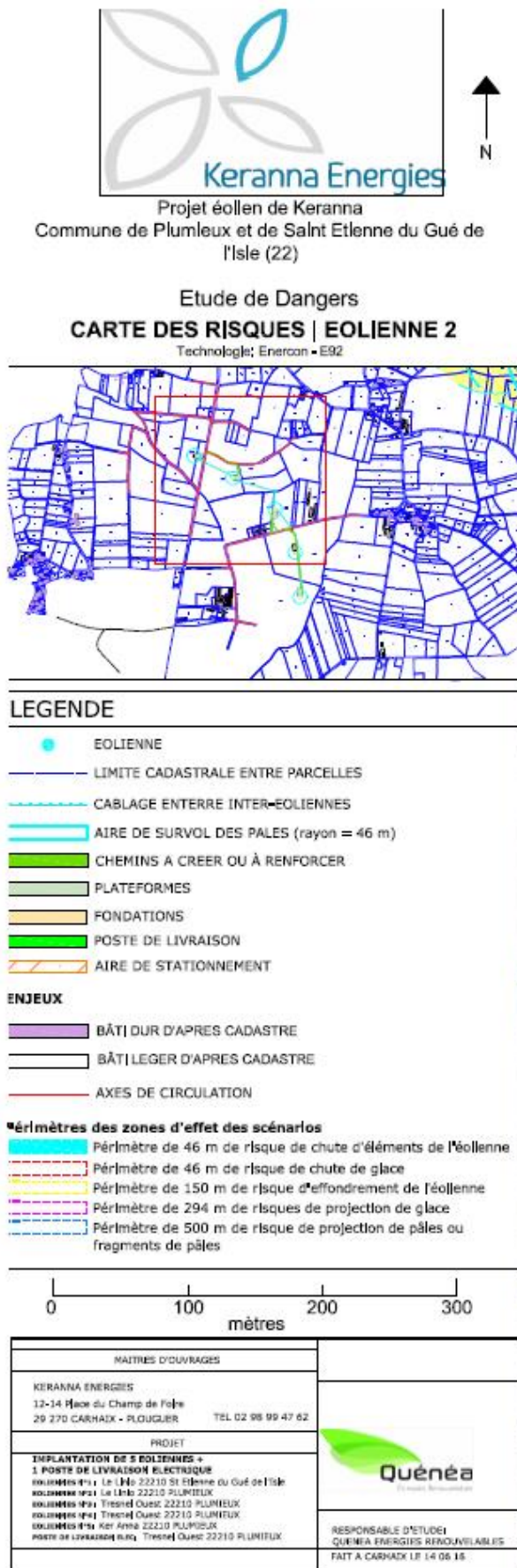


Figure 44. Synthèse des risques – Modèle Enercon E92 – Eolienne 2

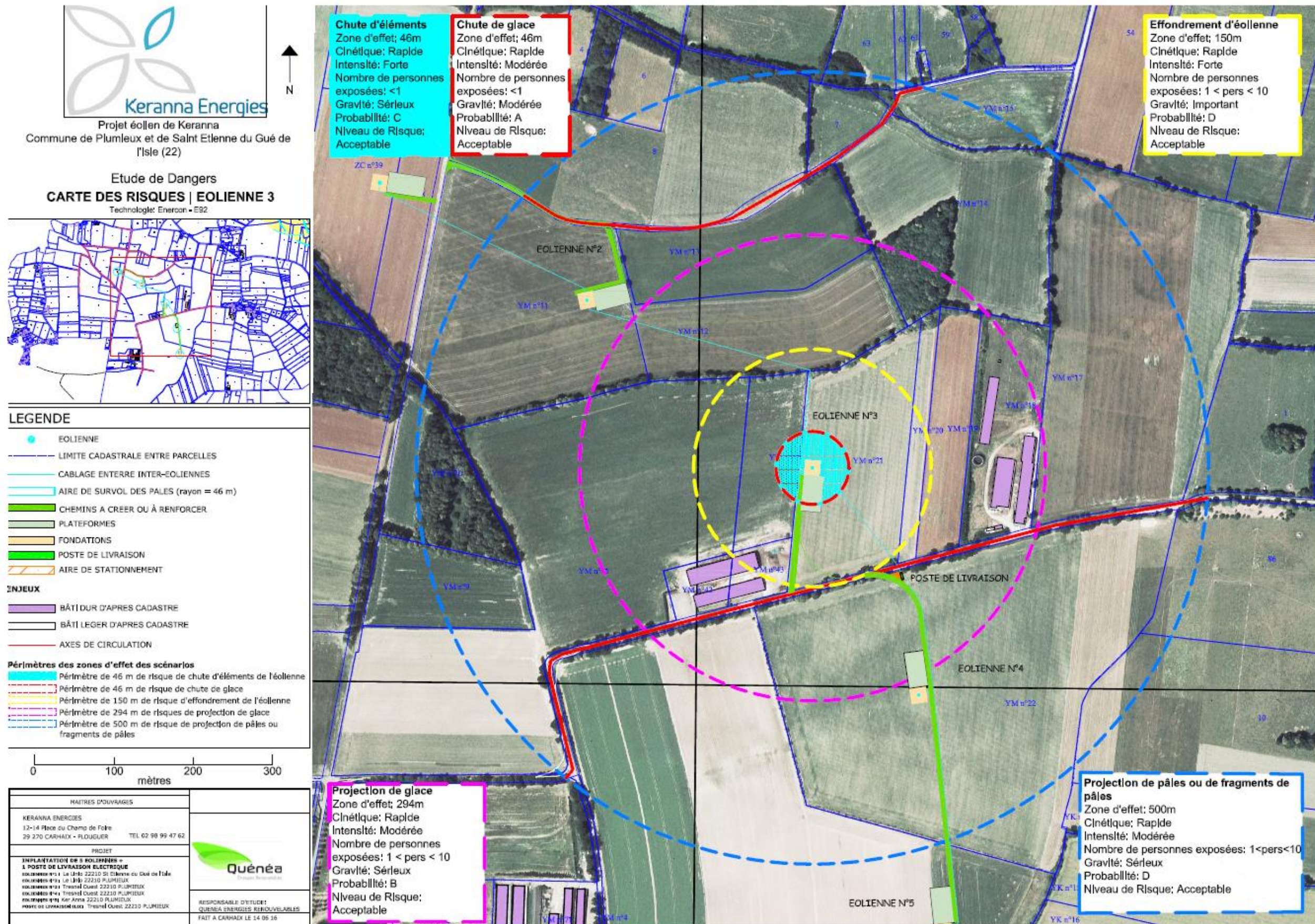


Figure 45. Synthèse des risques – Modèle Enercon E92 – Eolienne 3



**Keranna Energies**

Projet éolien de Keranna  
Commune de Plumleux et de Saint Etienne du Gué de l'Isle (22)

Etude de Dangers  
**CARTE DES RISQUES | EOLIENNE 4**  
Technologie: Enercon - E92

**LEGENDE**

- EOLIENNE
- LIMITE CADASTRALE ENTRE PARCELLES
- CABLAGE ENTERRE INTER-EOLIENNES
- AIRE DE SURVOL DES PALES (rayon = 46 m)
- CHEMINS A CREER OU À RENFORCER
- PLATEFORMES
- FONDACTIONS
- POSTE DE LIVRAISON
- AIRE DE STATIONNEMENT

**ENJEUX**

- BÂTI DUR D'APRES CADASTRE
- BÂTI LEGER D'APRES CADASTRE
- AXES DE CIRCULATION

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

- Périmètre de 46 m de risque de chute d'éléments de l'éolienne
- Périmètre de 46 m de risque de chute de glace
- Périmètre de 150 m de risque d'effondrement de l'éolienne
- Périmètre de 294 m de risques de projection de glace
- Périmètre de 500 m de risque de projection de pâles ou fragments de pâles

0 100 200 300 mètres

|  |  |
|--|--|
| MAÎTRES D'OUVRAGES   |  |
| KERANNA ENERGIES<br>12-14 Place du Champ de l'Isle<br>29 270 CARHADY - PLOUGUER<br>TEL 02 98 99 47 62  |  |
| PROJET   |  |
| IMPLANTATION DE 5 EOLIENNES +<br>1 POSTE DE LIVRAISON ELECTRIQUE<br>EOLIENNE N°1 : Le Lino 22210 ST ETIENNE DU GUÉ DE L'ISLE<br>EOLIENNE N°2 : Le Lino 22210 PLUMLEUX<br>EOLIENNE N°3 : Trénel Quet 22210 PLUMLEUX<br>EOLIENNE N°4 : Ker Ann 22210 PLUMLEUX<br>POSTE DE LIVRAISON N°1 : Trénel Quet 22210 PLUMLEUX |  |
| RESPONSABLE D'ETUDE:<br>QUÉNÉE ENERGIES RENOUVELABLES<br>FAIT A CARHADY LE 23 DE 18  |  |

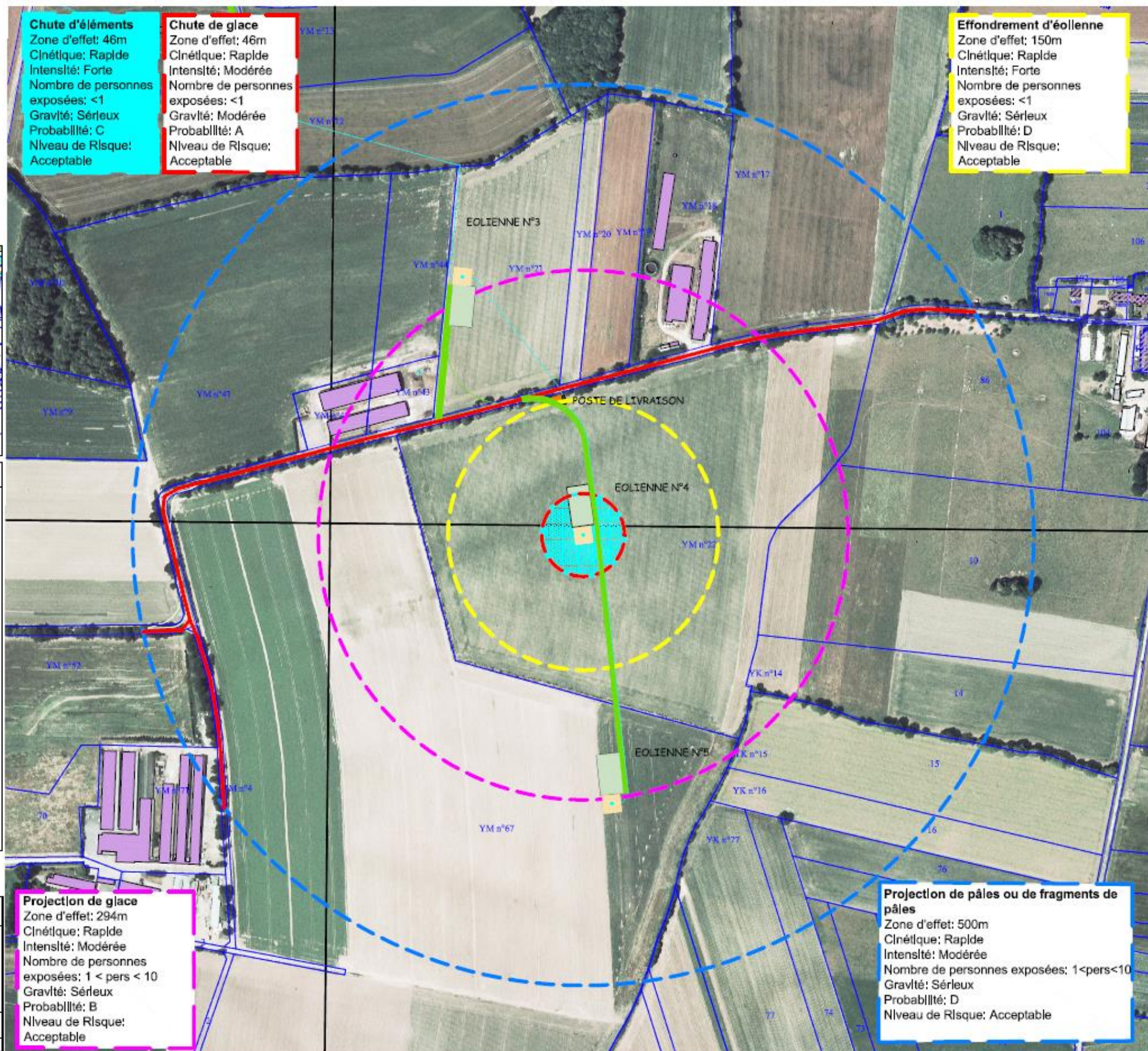


Figure 46. Synthèse des risques – Modèle Enercon E92 – Eolienne 4

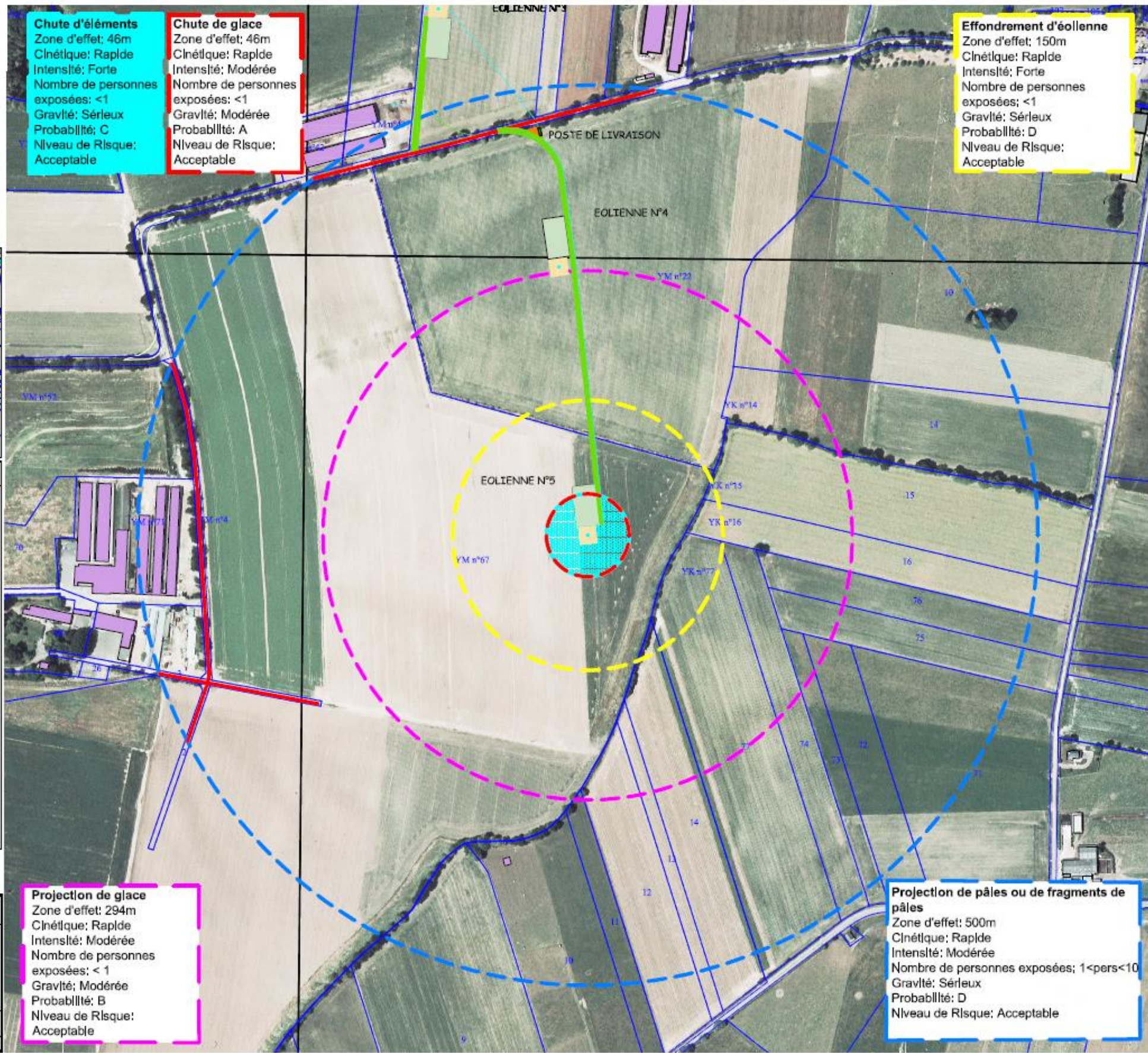
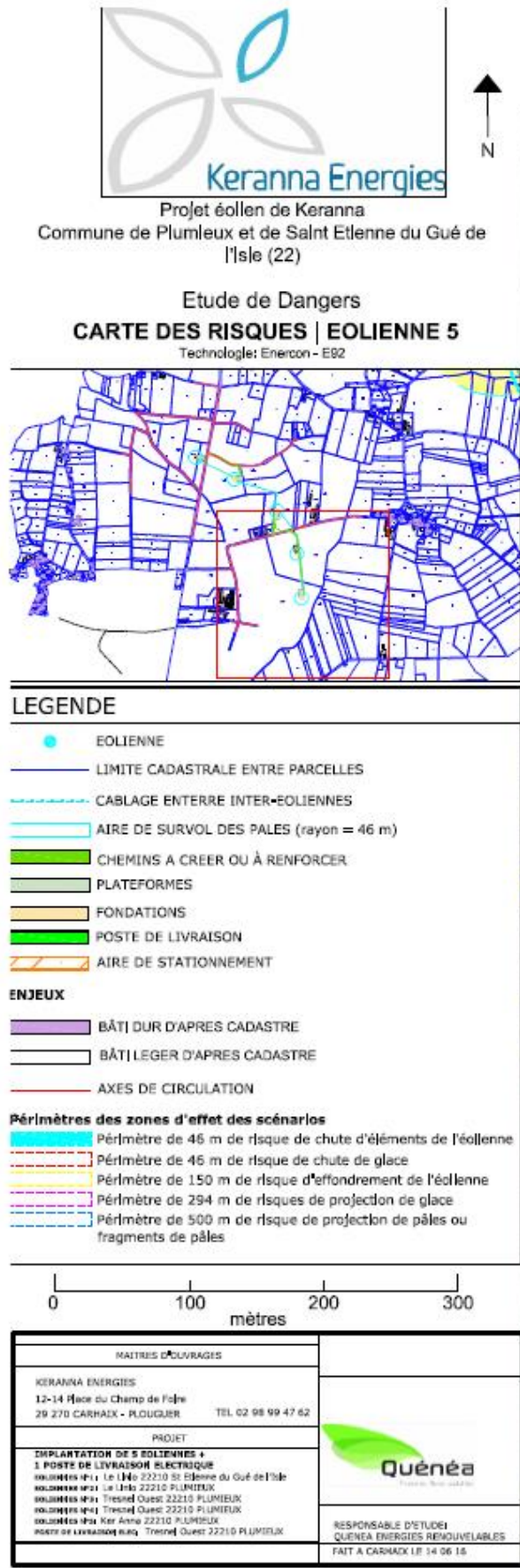


Figure 47. Synthèse des risques – Modèle Enercon E92 – Eolienne 5

# IX. DEMANDE D'APPROBATION D'OUVRAGE D'UN RESEAU PRIVE SOUTERRAIN HTA (20 KV) POUR LE RACCORDEMENT INTERNE DU PARC EOLIEN KERANNA ET DU POSTE DE LIVRAISON

## Article R323-40 du code de l'énergie

Le projet de parc éolien de Keranna est soumis à l'approbation du projet d'ouvrage pour le réseau de câbles inter-éoliennes et le poste de livraison en application de l'article R. 323-40 du code de l'énergie. Il répond aux dispositions des articles R. 323-26, R. 323-27, R. 323-28, R.323-29, R. 323-30 à R. 323-35, R. 323-38, R. 323-39 et R. 323-43 à R. 323-48.

### IX.1. GENERALITES

- Nature des ouvrages : Réseau souterrain
- Nature des canalisations : HTA et fibre optique
- Catégorie : 2ème
- Tension de service : 20 000 V
- Linéaire total tranchée et câble voies publiques : 19 ml environ
- Linéaire total tranchée et câble domaine privé : 1429 ml environ
- Linéaire total tranchée et câble : 1448 ml environ

#### A-Système de distribution

- 1° - Définition du système et description générale de la distribution (nature tension, nombre de fils, existence ou non de lignes de tensions différentes de sous stations, poste de transformation, etc.).  
 Courant alternatif à 50 Hz  
 HTA 20.000 Volts 3 conducteurs aluminium  
 Section 150 mm<sup>2</sup> et 240 mm<sup>2</sup>
- 2° - Caractéristique maximales de l'ouvrage : -
- 3° - Transformateurs, emplacement, puissance :  
 Transformateur situé dans les éoliennes  
 Transformateur auxiliaire dans le poste de livraison

### B - Renseignements sur la distribution

| COMMUNE                                | TRONCON               | Longueur du tronçon et section du réseau | VOIES PUBLIQUES EMPRUNTEES (Désignation) | DOMAINES PRIVES EMPRUNTES Désignation (section et numéros) | OBSERVATION                            |
|--|-----------------------|--|--|--|--|
| Saint Etienne du Gué de l'Isle         | E1-E2                 | Env 40 ml<br>150 mm <sup>2</sup> Al      |  | ZC 39  | en plein champ                         |
| Saint Etienne du Gué de l'Isle         | E1-E2                 | Env 60 ml<br>150 mm <sup>2</sup> Al      |  | ZC 38  | en plein champ                         |
| Plumieux / St Etienne du Gué de l'Isle | E1-E2                 | Env 11 ml<br>150 mm <sup>2</sup> Al      | Chemin rural                             |  | Traversée de voirie (tranchée ouverte) |
| Plumieux                               | E1-E2                 | Env 221 ml<br>150 mm <sup>2</sup> Al     |  | YM 11  | en plein champ                         |
| Plumieux                               | E2-E3                 | Env 72 ml<br>240 mm <sup>2</sup> Al      |  | YM 11  | en plein champ                         |
| Plumieux                               | E2-E3                 | Env 230 ml<br>240 mm <sup>2</sup> Al     |  | YM 12  | en plein champ                         |
| Plumieux                               | E2-E3                 | Env 137 ml<br>240 mm <sup>2</sup> Al     |  | YM 21  | en plein champ                         |
| Plumieux                               | E3-PDL                | Env 165 ml<br>240 mm <sup>2</sup> Al     |  | YM 21  | en plein champ                         |
| Plumieux                               | E3-PDL                | Env 8 ml<br>240 mm <sup>2</sup> Al       | Voie communale n°6                       |  | Traversée de voirie (tranchée ouverte) |
| Plumieux                               | E3-PDL                | Env 23 ml<br>240 mm <sup>2</sup> Al      |  | YM 22  | en plein champ                         |
| Plumieux                               | PDL-E4                | Env 177 ml<br>240 mm <sup>2</sup> Al     |  | YM 22  | en plein champ                         |
| Plumieux                               | E4-E5                 | Env 213 ml<br>150 mm <sup>2</sup> Al     |  | YM 22  | en plein champ                         |
| Plumieux                               | E4-E5                 | Env 122 ml<br>150 mm <sup>2</sup> Al     |  | YM 67  | en plein champ                         |
|  | <b>Linéaire total</b> | 1479 mètres environ                      |  |  |  |

## IX.2. DETAILS TECHNIQUES SUR LES DIVERSES PARTIES DE LA DISTRIBUTION

### A – Support

- |  |       |
|--|-------|
| 1- Nature et type des supports :                   | néant |
| 2- Nature et type des armements :                  | néant |
| 3- Distance maximum entre 2 supports consécutifs : | néant |
| 4- Distance moyenne entre 2 supports consécutifs : | néant |

### B – Isolateurs

- |                            |       |
|----------------------------|-------|
| 1- Nature des isolateurs : | néant |
| 2- Type :                  | néant |

### C – Conducteurs aériens

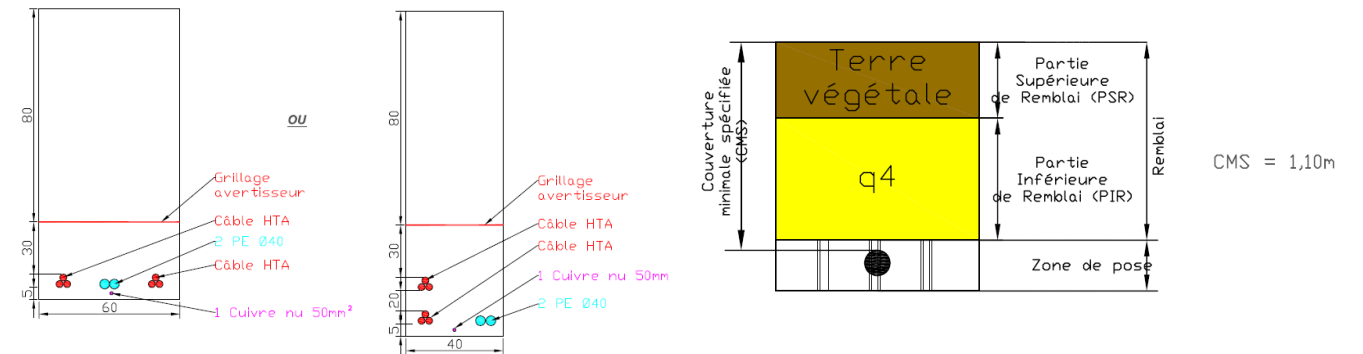
- |   |       |
|---|-------|
| 1- Nature du métal :                          | néant |
| 2- Section des conducteurs en mm :            | néant |
| 3- Section et nature du conducteur de terre : | néant |

### D – Conducteurs souterrains

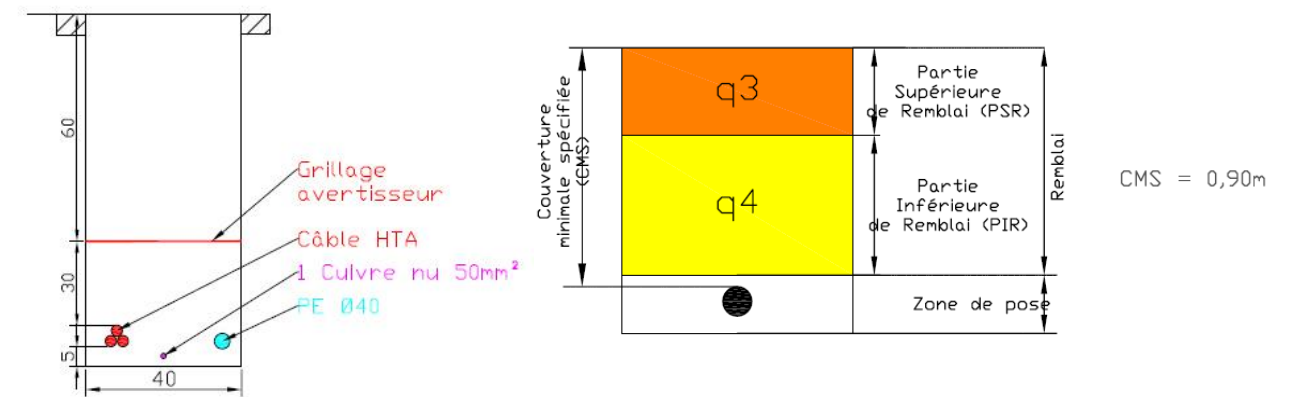
- |   |   |
|---|---|
| 1- Type de câble :                                  | - Câble énergie HTA C33-226 à enterrabilité directe<br>- Câble optique – 14 paires série 89 014 8 |
| 2- Nature de l'âme des conducteurs :                | aluminium   |
| 3- Nombre, disposition et section des conducteurs : | 3*150 mm <sup>2</sup> et 3*240 mm <sup>2</sup>  |
| 4- Nature des couches isolantes :                   | polyéthylène  |
| 5- Caractéristique du câble :                       | réticulé  |
| 6- Profondeur et pose du câble :                    | 0.90 m en accotement de route<br>1.10m à l'intérieur des champs                                   |
| 7- Profondeur et pose du câble sous chaussée :      | 0.90 m<br>Pose en tranchée ouverte puis reprise de la chaussée                                    |
| 8- Protections :                                    | grillage à 30cm au-dessus du câble  |
| 9- Tranchées :                                      | respect de la NF C11-201  |

### Coupes de principe tranchées :

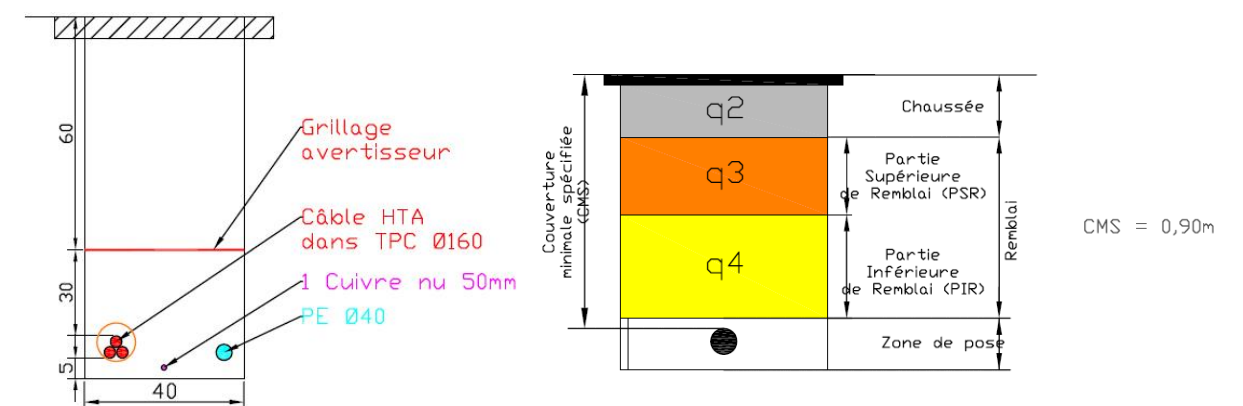
#### Coupe de tranchée inter-éolien : Plein champ

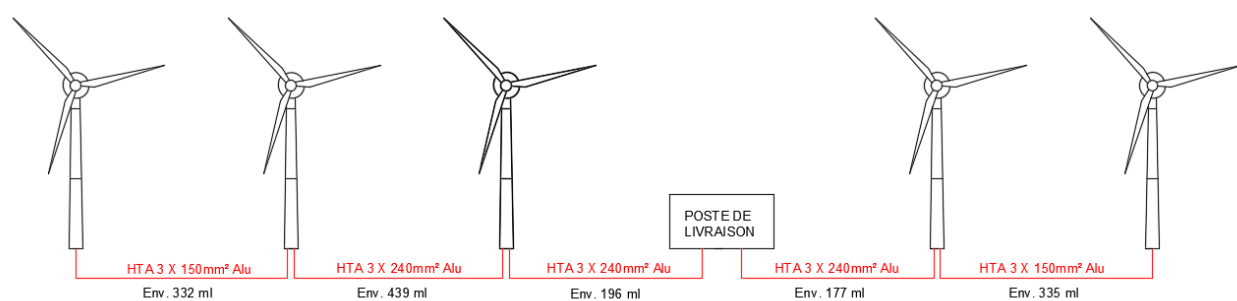


#### Coupe de tranchée inter-éolien : accotement



#### Coupe de traversée de chemins d'exploitation



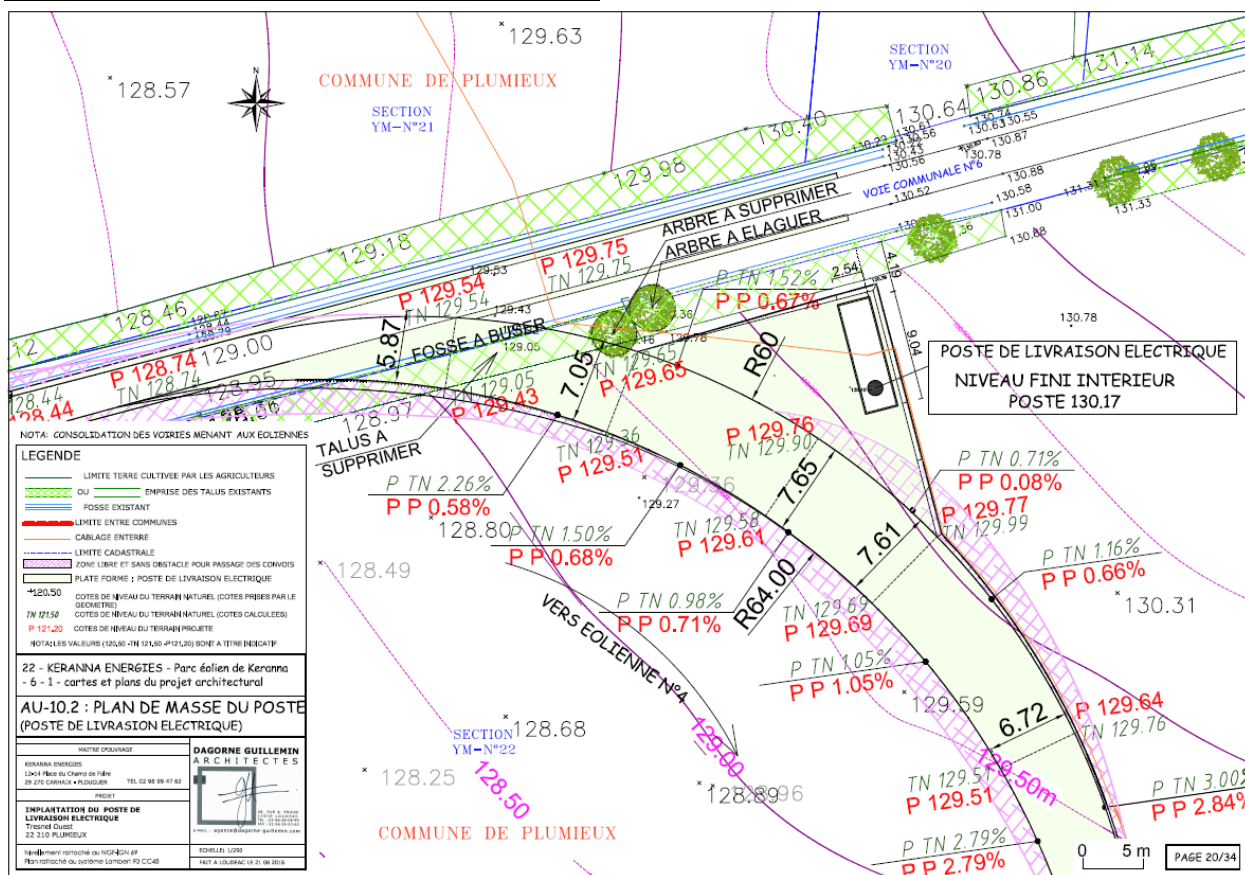


### E – poste de livraison

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1- Type de poste :                | poste de livraison (répartition HT/BT) |
| 2- Nature des matériaux :         | Béton                                  |
| 3- Alignement :                   | néant                                  |
| 4- Protection contre l'incendie : | protection classique type extincteur   |

Les données ci-après sont des extraits des pièces de la demande de permis de construire « AU-10.2 et AU 10.1 » relatif au Poste de livraison.

### Extrait de la pièce AU-10.2-10.3-10.4, page 23/34:



Extrait de la pièce AU-10.1, page 1 :

### LIEU D'IMPLANTATION DU POSTE DE LIVRAISON ELECTRIQUE « Tresnel Ouest » 22210 PLUMIEUX

#### L'ENVIRONNEMENT EXISTANT

##### Description

Le projet d'installation du poste de livraison électrique se situe à la cote altimétrique moyenne de 130.17 environ, au centre du futur parc éolien de Keranna. Son accès s'effectue depuis d'un chemin rural séparant les communes de Saint-Etienne-du-Gué-de-l'Isle et de Plumieux via voie communale n°6. Son implantation est localisé sur le chemin d'accès aux éoliennes n°4 et n°5.

#### JUSTIFICATION DES DISPOSITIONS PREVUES POUR ASSURER L'INSERTION DANS LE PAYSAGE DE :

##### La Construction

Le poste de livraison est un parallélépipède de dimensions très modeste, (9.04 x 2.54 x 2.38 hauteur) posé sur une plateforme terrassée en accroche direct avec le chemin d'accès menant aux éoliennes n°4 et n°5. Ce bloc de béton reçoit en finition, un enduit minéral de couleur gris anthracite (RAL 7016), les portes et les grilles métalliques sont peintes de la même couleur, gris anthracite (RAL 7016). Voir la photo montage AU.5 issue de la photo n°2.

##### Les Accès

L'accès à la plateforme du poste de livraison s'effectue depuis la voie communale n°6 menant aux éoliennes n°4 et n°5. Le poste est implanté en retrait de 4.19 ml par rapport à la limite cadastrale, derrière un talus boisé existant. Le stationnement des véhicules du personnel d'entretien s'effectue en dehors des voies de circulations. Il est prévu à l'ouest du poste, sur la même plateforme. Cet accès est revêtu d'une couche de finition gravillonnée.

##### Les Abords

Cette localisation du poste a été pensée de manière à limité l'impact sur le paysage tout en limitant l'emprise sur les terres agricoles. Le rayon de braquage lié à l'acheminement des convois exceptionnels durant le chantier menant aux éoliennes n°4 et n°5, laissait une zone difficilement exploitable pour l'agriculteur, de ce fait l'implantation de ce poste à cet endroit était la meilleure hypothèse. L'impact visuel de ce poste reste limité derrière un talus existant arboré. Pour la création de ce chemin d'accès commun au poste et aux éoliennes n°4 et n°5, ce talus arboré sera partiellement ouvert, deux arbres de hautes tiges seront donc abattus.

### IX.3. JUSTIFICATION DE LA CONFORMITE DU PROJET AVEC LA REGLEMENTATION TECHNIQUE EN VIGUEUR ET ENGAGEMENTS DU PORTEUR DE PROJET

#### Respect des règles de l'art

Le porteur de projet certifie que les installations seront exécutées conformément aux dispositions des articles L.323-12, R.323-23 et D323-24 du Code de l'Energie et selon les règles de l'art et répondront aux prescriptions du dernier Arrêté Interministériel connu déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les lignes d'énergie électrique. (Arrêté du 17 mai 2001 modifié par l'arrêté du 26 avril 2002 et celui du 10 mai 2006).

#### Contrôle technique des travaux

Le porteur de projet s'engage à diligenter un contrôle technique en application des articles L.323-11 à L.323-13 et R.323-30 à R.323-32 du code de l'énergie.

#### Information du gestionnaire du réseau public

Conformément à l'article R.323-29 du Code de l'Energie, le porteur de projet s'engage à transmettre au gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité (Enedis) les informations permettant à ce dernier d'enregistrer la présence des ouvrages privés dans son SIG des ouvrages. Cette transmission respectera en outre les dispositions de l'arrêté du 11 mars 2016 précisant la liste des informations devant être enregistrées dans le système d'information géographique d'un gestionnaire de réseau public d'électricité

#### Information auprès de l'INERIS

Le porteur de projet atteste qu'il assurera l'enregistrement de son ouvrage dans le "guichet unique" géré par l'INERIS en application des dispositions des articles L.554-1 à L.554-4 et R.554-1 et suivants du code de l'environnement qui sont relatives à la sécurité des travaux souterrains, aériens ou subaquatiques de transport et de distribution.

### IX.4. BILAN DES DT / DICT

A la réalisation des DT, il est précisé que 4 gestionnaires ont potentiellement des réseaux ou canalisations dans le secteur à savoir ERDF, le SDE, la SAUR et ORANGE.

Ces gestionnaires de réseaux seront consultés via une DICT-DT avant le début des travaux et **une intervention sur site pour piquetage et une protection des réseaux en lien avec le coordinateur SPS sera réalisée.**

A ce jour les gestionnaires de réseaux répertoriés lors des DT sont :

| Nom du service consulté | Adresses du gestionnaire   | références de la demande | Résultat de la consultation |
|-------------------------|--|--------------------------|-----------------------------|
| SDE                     | Service DTDICT<br>53, bd Carnot<br>22000 SAINT BRIEUC                | 2016070600419TEZ         | non reçu                    |
| ERDF DT/DICT Bretagne   | Pôle DT DICT Bretagne<br>64 boulevard Voltaire<br>35000 RENNES       | 2016070600419TEZ         | non reçu                    |
| SAUR GRAND OUEST        | SAUR COTES D'ARMOR<br>CS 80190<br>21 rue Anita Conti<br>56005 VANNES | 2016070600419TEZ         | non reçu                    |
| Orange                  | ORANGE-Q2 Bretagne<br>TSA 40111<br>69949 LYON Cedex 20               | 2016070600419TEZ         | non reçu                    |

A ce stade du dossier, nous ne connaissons pas leurs réponses. Le pétitionnaire s'engage à convenir avec chaque gestionnaire identifié d'un rendez-vous sur le site afin d'identifier le ou les réseaux et de les repérer.

## IX.5. ATTESTATION SUR L'HONNEUR – ACCORDS FONCIERS

### ATTESTATION SUR L'HONNEUR

#### Parc éolien « KERANNA »

##### Accords fonciers sous seing privé et accord sur les conditions de remises en état du site

Je soussigné, Can NALBANTOGLU, Gérant de KERANNA ENERGIES SARL, certifie que la SARL KERANNA ENERGIES dispose de l'accord de l'ensemble des propriétaires fonciers du domaine privé utilisé pour :

- la réalisation du réseau électrique inter éolien et des aménagements du parc éolien y compris les fondations,
- l'acceptation des conditions de remises en état du site conformément au décret du 26 Août 2011 relatif à la remise en état et à la constitution des garanties financières pour les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent.

Ces accords établis au travers des promesses de bail emphytéotique signées sous seing privés concernent les parcelles ci-après :

| Communes                       | Parcelles (section + numéros) |
|--------------------------------|-------------------------------|
| Saint Etienne du Gué de l'Isle | ZC 39                         |
| Saint Etienne du Gué de l'Isle | ZC38                          |
| Plumieux                       | YM 11                         |
| Plumieux                       | YM 12                         |
| Plumieux                       | YM 21                         |
| Plumieux                       | YM 22                         |
| Plumieux                       | YM 67                         |

Fait à Paris, le 09/09/2016

## IX.6. DELIBERATION DES COMMUNES DE PLUMIEUX ET SAINT ETIENNE DU GUE DE L'ISLE

Département des Côtes-d'Armor

MAIRIE  
DE



### EXTRAIT DU REGISTRE DES DÉLIBÉRATIONS DU CONSEIL MUNICIPAL

Séance du 17 juillet 2014,  
Conseillers municipaux en exercice : 15

L'an deux mil quatorze, le dix-sept juillet, à vingt heures, les membres du Conseil Municipal, légalement convoqués, se sont réunis à la Mairie, sous la présidence de M. Pierrick LE CAM, Maire.

Étaient présents :

LE CAM P., LUCAS B., OLLITRAULT M.-C., BRIANDV B., ROUMAUD I., YOUMANS G., GUILLEMIN M., BLOUIN E., PICHARD E., PANATO E., LENORMAND A., SALAÛN M., URVOY D., LE PLOUËLE N., BONNENFANT J.

Délibération n°2014-47

**Parc éolien Les Landiers et Keranna**

Monsieur le Maire informe les membres du Conseil Municipal de la demande de la société « Les Landiers Energies SAS » qui souhaite signer une promesse de constitution de servitudes sur les parcelles YH 81 pour l'implantation du poste de livraison du projet de parc éolien Les landiers, et YH81, YH103, UI47, YI40, YI7 et VC n°6 pour le passage d'un réseau électrique souterrain. La servitude pour l'implantation du poste de livraison et le passage d'un réseau électrique souterrain feront l'objet d'une location. Le projet d'implantation du poste de livraison et de l'ensemble des réseaux souterrain sera légitimé par la création d'un acte de promesse de bail emphytéotique avec la commune, propriétaires des parcelles YH81, YH103, YI47, YI40, YI7 et voie communale n°6 qui sera transformé en acte une fois l'ensemble des conditions suspensives levées.

Après délibéré, le Conseil municipal,

- autorise le Maire à signer la promesse de bail emphytéotique pour l'implantation du poste de livraison et les réseaux les réseaux électriques enterrés avec la société « Les Landiers Energies » de Carhaix.

Pour extrait conforme,  
Le Maire,  
Pierrick LE CAM



Accusé de réception - Ministère de l'Intérieur

022-212202410-20140717-2014-47-DE

Accusé certifié exécutoire

Réception par le préfet : 24/07/2014  
Publication : 24/07/2014





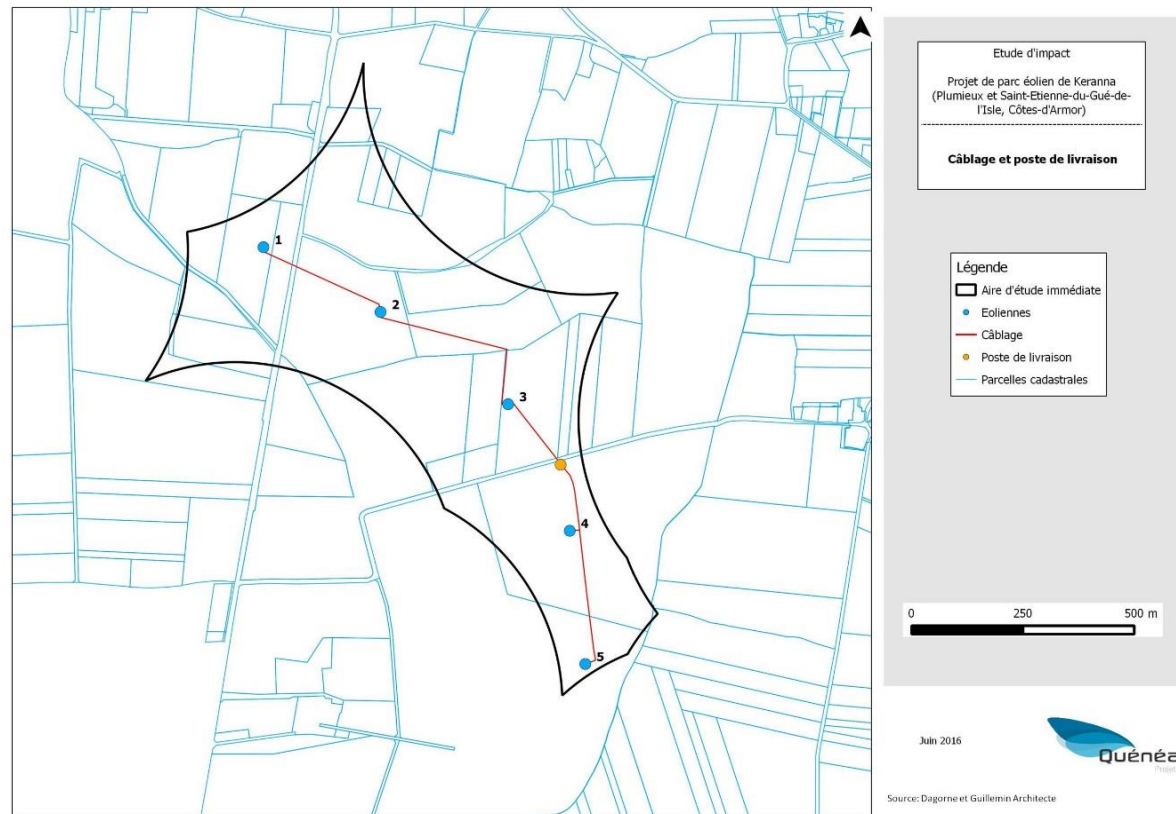


Figure 49. Câblage et poste de livraison

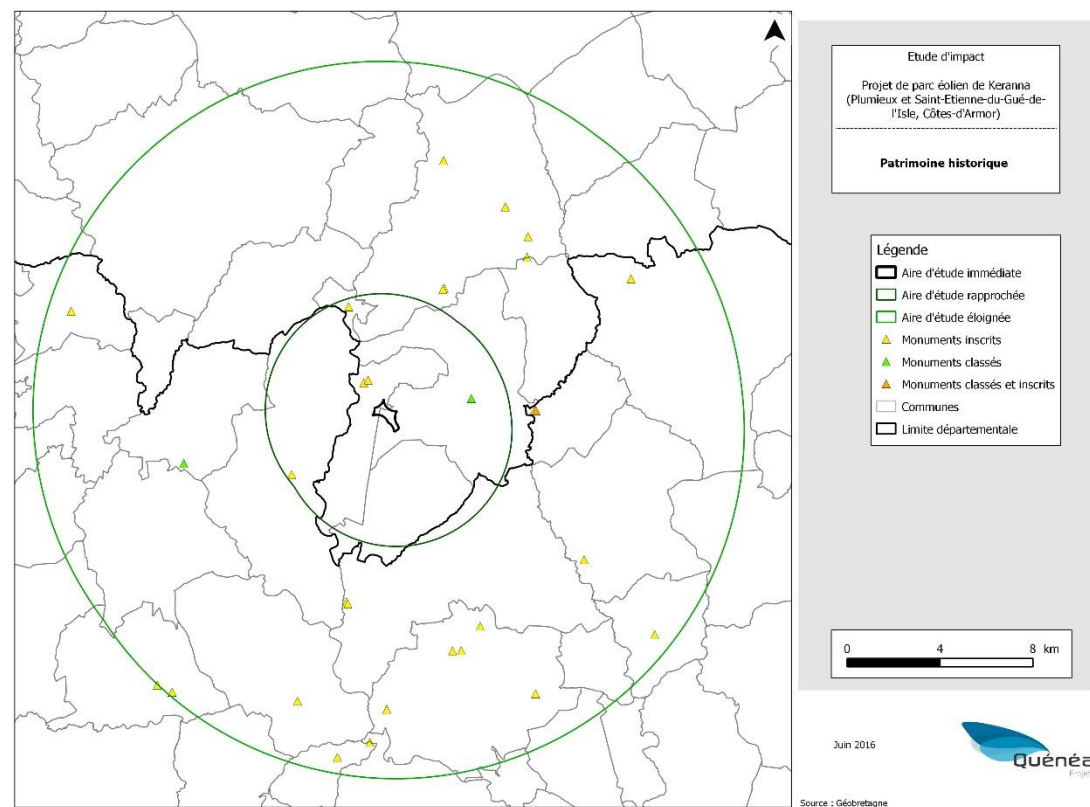


Figure 50. Limites communales et départementales

## X. CONCLUSION

L'étude de dangers, conduite conformément aux prescriptions ministérielles, met en évidence les éléments suivants :

- Le risque majeur sur le parc éolien est lié à la chute ou à la projection d'éléments de l'éolienne, à l'effondrement de l'éolienne entière, et à la chute ou à la projection de glace s'accumulant sur les pales des éoliennes en cas de basse température,
- Les scénarios potentiels ayant fait l'objet d'une analyse détaillée des risques sont les suivants :
  - Effondrement de l'éolienne,
  - Chute d'éléments de l'éolienne,
  - Chute de glace,
  - Projection de pale ou de fragments de pale,
  - Projection de glace.
- Les risques potentiels générés par le projet sont acceptables conformément à la matrice d'acceptabilité obtenue, et ce quel que soit le modèle d'éolienne retenu (Modèle VESTAS V100, modèle SENVION MM100 et modèle ENERCON E92).

Les mesures de sécurité adoptées par l'exploitant s'avèrent pertinentes. Elles permettent de :

- Réduire la probabilité de survenue d'un accident majeur (modèle d'éolienne pourvue de dispositifs de sécurité, conformes aux normes en vigueur, maintenance régulière, contrôle des paramètres de fonctionnement du parc éolien en continu),
- Réduire l'étendue et par voie de conséquence la gravité des zones d'effets (éloignement des éoliennes par rapport aux premières habitations, aux routes, etc.).

Les risques associés aux équipements mis en œuvre et aux activités déployées sont acceptables: risques résiduels et maîtrisés.

Le tableau ci-après récapitule les résultats des analyses des différents dangers ainsi que les mesures de maîtrise de risque prises suivant le modèle d'éolienne choisi :

| Scénario                             | Probabilité  | Gravité   | Mesures de maîtrise des risques Vestas V100  | Mesures de maîtrise des risques Senvion MM100   | Mesures de maîtrise des risques Enercon E92  | Acceptabilité |
|--------------------------------------|--|---|--|---|--|---------------|
| <b>Chute d'élément de l'éolienne</b> | C  | Sérieux   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôles réguliers des assemblages de structure,</li> <li>- Procédures et contrôle qualité,</li> <li>- Procédure maintenance,</li> <li>- Prévention des courts-circuits et incendies.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôles réguliers des assemblages de structure,</li> <li>- Procédures qualités et attestation du contrôle technique,</li> <li>- Procédure maintenance,</li> <li>- Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôle qualité à la sortie de l'usine et constat de dégât à l'arrivée sur site. Installation contrôlée en fin de chantier.</li> <li>- Maintenance préventive</li> <li>- Coupure du transformateur et arrêt de l'éolienne en cas de courts-circuits</li> </ul>   | Acceptable    |
| <b>Effondrement de l'éolienne</b>    | D  | V100 et E92 - E1 E2 E4 E5 = Sérieux<br>E3 = Important<br>MM100 - E1 E2 E4 E5 = Modéré<br>E3 = Sérieux | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôles réguliers des fondations et des assemblages de structure</li> <li>- Procédure maintenance</li> <li>- Prévention de la dégradation de l'état des équipements</li> <li>- Contrôle des couples de serrage tout les 3 ans</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôles réguliers des fondations et des assemblages de structure</li> <li>- Procédure maintenance</li> <li>- Prévention de la dégradation de l'état des équipements</li> <li>- Contrôle des couples de serrage tout les 3 ans</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôles réguliers des fondations et des assemblages de structure</li> <li>- Procédure maintenance</li> <li>- Prévention de la dégradation de l'état des équipements</li> <li>- Contrôle des couples de serrage tout les 3 ans</li> </ul>  | Acceptable    |
| <b>Chute de glace</b>                | A sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C | Modéré  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Signalisation en pied de machine</li> <li>- Eloignement des zones habitées et fréquentées</li> <li>- Dégivrage des pales</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Panneautage en pied de machine</li> <li>- Eloignement des zones habitées et fréquentées</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Signalisation aux alentours de la machine</li> <li>- Eloignement des zones habitées et fréquentées</li> <li>- Système de chauffage des pales</li> </ul>   | Acceptable    |
| <b>Projection de pales</b>           | D  | E1 E2 = Modéré<br>E3 E4 E5 = Sérieux  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Détection de vent fort et freinage aérodynamique</li> <li>- Détection de survitesse du générateur</li> <li>- Classe d'éolienne adaptée</li> <li>- Contrôles réguliers des assemblages des assemblages de structure</li> <li>- Procédures et contrôle qualité</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Classe d'éoliennes adaptée au site et au régime de vent</li> <li>- Détection de vents forts et tempêtes - Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en position progressive des pales) par le système de conduite</li> <li>- Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en position progressive des pales) par le système de conduite - Procédures qualités et attestation du contrôle technique</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Classe d'éoliennes adaptée au site et au régime de vent</li> <li>- Capteur de sécurité de survitesse - Système de régulation « storm control » (limite la fatigue car n'arrête pas la machine brutalement)</li> <li>- Contrôles réguliers des assemblages des assemblages de structure</li> <li>- En cas de vents violents, mise en position de la machine pour minimiser les contraintes (position face au vent, position des pales en drapeau)</li> </ul> | Acceptable    |
| <b>Projection de glace</b>           | B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C | E1 E2 E5 = Modéré<br>E3 E4 = Sérieux  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Système de déduction de glace -</li> <li>Système de détection de glace sur les pales (option)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Système de détection de givre ou glace et mise à l'arrêt de la machine</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Système de détection de givre ou glace et mise à l'arrêt de la machine</li> </ul>   | Acceptable    |

# ANNEXE 1 – SOLUTIONS DES FABRICANTS EOLIEN (VESTAS, SENVION, ENERCON) POUR REpondre A L'ARRETE DU 26 AOUT 2011

## SECTION 2 : IMPLANTATION

**Art. 4** – L'installation est implantée de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens. (...)

Les fabricants travaillent actuellement sur des essais sur site et des validations de méthodologies avec les ministères qui ont pour but de limiter l'impact des éoliennes sur les radars.

**Art. 5** – Afin de limiter l'impact sanitaire lié aux effets stroboscopiques, lorsqu'un aérogénérateur est implanté à moins de 250 mètres d'un bâtiment à usage de bureaux, l'exploitant réalise une étude démontrant que l'ombre projetée de l'aérogénérateur n'impacte pas plus de trente heures par an et une demi-heure par jour le bâtiment.

Le fabricant éolien est en mesure de proposer en option, un système de détection et d'arrêt automatique en cas d'effets stroboscopiques sur des cibles éventuelles qui consiste en un paramétrage du système SCADA, qui détecte ces effets en fonction de l'angle de la nacelle, du moment de la journée et du moment de l'année.

**Art. 6** – L'installation est implantée de telle sorte que les habitations ne sont pas exposées à un champ magnétique émanant des aérogénérateurs supérieur à 100 microteslas à 50-60 Hz.

L'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques est un enjeu sur lequel les fabricants éoliens travaillent depuis plusieurs années. Une étude a été réalisée en juin 2010 par la CRAM et les membres du CHSCT afin d'estimer cette exposition. Les résultats montrent que les valeurs d'exposition sont très inférieures aux « valeurs déclenchant l'action » (VDA).

De nouvelles mesures ont été réalisées afin d'évaluer la valeur du champ électromagnétique émis par un parc d'éoliennes de 2 MW en fonctionnement par les fabricants éoliens. L'induction magnétique maximale mesurée est de 1,049 µT, elle est donc 100 fois inférieure à la valeur limite. (Source EMITECH)

## SECTION 3 : DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

**Art. 7** – Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours.

Cet accès est entretenu.

Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté.

Le fabricant éolien assure à travers ses contrats de maintenance, l'entretien et le maintien en bon état des voies d'accès. Les contrats de fourniture proposés par le fabricant éolien prévoient systématiquement la mise en place d'une voie d'accès carrossable permettant l'intervention des services d'incendie et de secours.

**Art. 8** – L'aérogénérateur est 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, à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté.

L'exploitant tient 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 tient 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.

Le fabricant éolien remet à chacun de ses clients un document « Type certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005).

De plus, des organismes compétents externes, mandatés par l'exploitant du parc, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation.

L'article R111-38 du code de la construction et de l'habitation fait référence au contrôle technique de construction. Il est obligatoire, à la charge de l'exploitant et réalisé par des organismes agréés par l'État. Ce contrôle assure la solidité des ouvrages ainsi que la sécurité des biens et des personnes.

**Art. 9** – L'installation est mise à la terre. Les aérogénérateurs respectent les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée. Les opérations de maintenance incluent un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

L'ensemble des éoliennes respectent le standard IEC 61400-24.

Le contrôle visuel des pales est inclus dans nos opérations de maintenance annuelles (visite planifiée Inspection Record Form - IRF).

**Art. 10** – Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.

Le certificat de conformité « *Declaration of Conformity* », remis avec chaque machine, atteste du respect de la Directive européenne dite « machine » du 17 mai 2006.

Les installations électriques doivent faire l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement, ce contrôle donnant lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé.

Le fabricant éolien propose à ses clients des contrôles électriques supplémentaires dans le cadre des maintenances annuelles.

**Art. 11** – Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile.

Le fabricant éolien propose un balisage conforme aux dispositions citées dans cet article.

#### **SECTION 4 : EXPLOITATION**

**Art. 12** – Au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, l'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs.

Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole.

Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées.

Le suivi environnemental sera mandaté par l'exploitant. Il sera réalisé par des organismes externes qui produisent un protocole de suivi, mis à disposition de l'inspection des installations classées.

La méthodologie du suivi sera validée avec les services de la DREAL dans un délai de 6 mois après la mise en service du parc éolien

**Art. 13** – Les personnes étrangères à l'installation n'ont pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs. Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.

Afin d'empêcher l'accès de toute personne non autorisée à l'intérieur de nos turbines, les portes des aérogénérateurs fournies par Le fabricant éolien sont équipées de verrous. Les postes de raccordement et de livraison sont également maintenus fermés à clef.

**Art. 14** – Les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :

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

L'installation de panneaux est à la charge de l'exploitant. Le fabricant éolien est en mesure de fournir les pictogrammes respectant les dispositions de cet article.

Un panneau sera présent à l'entrée de chaque plateforme et comportera les informations suivantes :

**Eolienne E1**

**EN CAS D'URGENCE :**  **112**  
IN CASE OF EMERGENCY

**EN CAS D'INCIDENT :** **24h/24**  
IN CASE OF PROBLEM

HOTLINE SERVICE  02 98 99 47 62  
EXPLOITATION QUENEA ER

---

  
**ENTREE INTERDITE A  
L'INTERIEUR DES EOLIENNES**

---



Installation électrique  
haute tension  
Ne pas pénétrer  
dans les locaux



Risque de foudre  
Ne pas approcher  
des éoliennes  
par temps d'orage



Risque chute de glace  
Ne pas approcher  
des éoliennes par  
temps de givre

**Art. 15** – Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalise 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 peut excéder un an, l'exploitant réalise une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

Lors de la mise en service d'une éolienne, une série de tests est réalisée afin de s'assurer du fonctionnement et de la sécurité de l'éolienne. Parmi ces tests, les arrêts simples, d'urgence et de survitesse sont effectués.

Les essais des différents arrêts sont ensuite effectués tous les 6 mois suivant nos manuels de maintenance et sont reportés sur nos documents IRF attestant la réalisation de l'ensemble des opérations de maintenance. La mise à l'arrêt de la turbine est testée lors de la mise en service de la turbine puis à chaque intervention.

**Art. 16** – L'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit.

Le maintien de la propreté des équipements fait partie intégrante des prestations réalisées par les équipes du turbinier dans le cadre des contrats de maintenance. Afin d'assurer un suivi précis, un rapport de service, intégrant des photos de l'intérieur des turbines, est réalisé après nos maintenances planifiées.

Aucun matériau combustible ou inflammable n'est entreposé dans les éoliennes.

**Art. 17** – Le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter.

Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.

La formation BST (Basic Safety Training) forme tous les techniciens et ses sous-traitants aux risques et à la conduite à tenir en cas de problème. Nos techniciens disposent également de formations leur permettant de travailler en toute sécurité. Parmi ces formations : utilisation des extincteurs, habilitation au travail en hauteur, habilitations électriques ou encore formation Sauveteur Secouriste du Travail (SST).

**Art. 18** – Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité. Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.

Tous ces contrôles sont effectués par le fabricant éolien.

**Art. 19** – L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. L'exploitant tient à jour pour chaque installation un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.

Le manuel de maintenance remis à l'exploitant fait état de la nature et de la fréquence des entretiens et opérations de maintenance. L'exploitant pourra tenir à jour un registre dans lequel sont consignées toutes les opérations de maintenance.

Toutes nos opérations sont sanctionnées par des Rapports de Service, reprenant l'ensemble des informations nécessaires, qui sont communiqués à l'exploitant au travers d'un Customer Portal.

**Art. 20** – L'exploitant élimine ou fait éliminer les déchets produits dans des conditions propres à garantir les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. Il s'assure que les installations utilisées pour cette élimination sont régulièrement autorisées à cet effet. Le brûlage des déchets à l'air libre est interdit.

Le fabricant éolien a mis en place en 2011 le système d'Eol'tainer, dans le but d'améliorer la gestion de nos déchets et de respecter les objectifs environnementaux fixés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. Ces containers sont mis à disposition des techniciens directement sur site pendant les phases de maintenances programmées.

Durant les maintenances correctives, le tri est effectué au centre de maintenance.

A l'issue du service, l'Eol'tainer est récupéré par notre prestataire qui assure le traitement des déchets en centre agréé, et qui nous fournit ensuite un suivi sur chaque parc.

Le contrôle et la traçabilité des déchets jusqu'à leur élimination finale sont assurés grâce l'édition d'un BSD (Bordereau de Suivi des Déchets), qui est une obligation réglementaire. Ces BSD sont ensuite mis à disposition de nos clients via le Customer Portal.

**Art. 21** – Les déchets non dangereux (par exemple bois, papier, verre, textile, plastique, caoutchouc) et non souillés par des produits toxiques ou polluants sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées. Les seuls modes d'élimination autorisés pour les déchets d'emballage sont la valorisation par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux utilisables ou de l'énergie. Cette disposition n'est pas applicable aux détenteurs de déchets d'emballage qui en produisent un volume hebdomadaire inférieur à 1 100 litres et qui les remettent au service de collecte et de traitement des collectivités.

Les déchets non dangereux sont triés au centre de maintenance dans des contenants adaptés. Leur collecte et leur élimination sont assurées par des sociétés spécialisées.

**Art. 22** – Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiquent :

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

Les consignes de sécurité et procédures mentionnées dans cet article se retrouvent dans les deux documents :

- Le manuel SST répertorie l'ensemble des directives générales de santé et de sécurité au travail, ainsi que les conduites à tenir et les procédures à suivre en cas de fonctionnement anormal.
- Le document « Safety Regulations for operators and technicians » regroupe les règles de sécurité pour le travail à l'intérieur des turbines.

Les éoliennes ne sont pas concernées par les situations suivantes : haubans rompus ou relâchés et fixations détendues.

**Art. 23** – Chaque aérogénérateur est doté d'un système de détection qui permet d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur.

L'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. L'exploitant dresse la liste de ces détecteurs avec leur fonctionnalité et détermine les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps.

Les détecteurs de fumée font partie des équipements de série sur les turbines.

Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permettra l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant.

La détection de survitesse est également en série sur les turbines, et testée lors de nos opérations de maintenance.

**Art. 24** – Chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, notamment :

– d'un système d'alarme qui peut être couplé avec le dispositif mentionné à l'article 23 et qui informe l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. Ce dernier est en mesure de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées à l'article 22 dans un délai de soixante minutes ;

– d'au moins deux extincteurs situés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils sont positionnés de façons bien visibles et facilement accessibles. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Cette disposition ne s'applique pas aux aérogénérateurs ne disposant pas d'accès à l'intérieur du mât.

Le système d'alarme contre les incendies est celui décrit précédemment. Par ailleurs, toutes nos éoliennes sont équipées d'extincteurs en pied de tour et dans la nacelle. Nos techniciens sont formés à leur utilisation.

**Art. 25** – Chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur.

En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur est mis à l'arrêt dans un délai maximal de soixante minutes. L'exploitant définit une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales. Cette procédure figure parmi les consignes de sécurité mentionnées à l'article 22.

Lorsqu'un référentiel technique permettant de déterminer l'importance de glace formée nécessitant l'arrêt de l'aérogénérateur est reconnu par le ministre des installations classées, l'exploitant respecte les règles prévues par ce référentiel. Cet article n'est pas applicable aux installations implantées dans les départements où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C.

Le fabricant éolien propose trois systèmes de détection de formation du givre :

- Le paramétrage SCADA permettant de déduire la formation de givre à partir des données de puissance et température, lorsque la turbine est en fonctionnement. Un message d'alerte type « Ice climate » est transmis aux opérateurs. La mise à l'arrêt se fait ensuite manuellement ou automatiquement. Le redémarrage se fera par l'exploitant manuellement après estimation de la quantité de givre.

## **SECTION 6 : BRUIT**

**Art. 26** – L'installation est construite, équipée et exploitée de façon telle que son fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits transmis par voie aérienne ou solidienne susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage.

Les émissions sonores émises par l'installation ne sont pas à l'origine, dans les zones à émergence réglementée, d'une émergence supérieure aux valeurs admissibles définies dans le tableau suivant :

| NIVEAU DE BRUIT AMBIANT EXISTANT dans les zones à émergence réglementée incluant le bruit de l'installation | ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE allant de 7 heures à 22 heures | ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE allant de 22 heures à 7 heures |
|---|---|---|
| Sup à 35 dB (A)   | 5 dB (A)  | 3 dB (A)  |

Les valeurs d'émergence mentionnées ci-dessus peuvent être augmentées d'un terme correctif en dB (A), fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit de l'installation égal à :

Trois pour une durée supérieure à vingt minutes et inférieure ou égale à deux heures ;

Deux pour une durée supérieure à deux heures et inférieure ou égale à quatre heures ;

Un pour une durée supérieure à quatre heures et inférieure à huit heures ;

Zéro pour une durée supérieure à huit heures.

En outre, le niveau de bruit maximal est fixé à 70 dB (A) pour la période jour et de 60 dB (A) pour la période nuit. Ce niveau de bruit est mesuré en n'importe quel point du périmètre de mesure du bruit défini à l'article 2. Lorsqu'une zone à émergence réglementée se situe à l'intérieur du périmètre de mesure du bruit, le niveau de bruit maximal est alors contrôlé pour chaque aérogénérateur de l'installation à la distance R définie à l'article 2. Cette disposition n'est pas applicable si le bruit résiduel pour la période considérée est supérieur à cette limite.

Dans le cas où le bruit particulier de l'établissement est à tonalité marquée au sens du point 1.9 de l'annexe à l'arrêté du 23 janvier 1997 susvisé, de manière établie ou cyclique, sa durée d'apparition ne peut excéder 30 % de la durée de fonctionnement de l'établissement dans chacune des périodes diurne ou nocturne définies dans le tableau ci-dessus.

Lorsque plusieurs installations classées, soumises à autorisation au titre de rubriques différentes, sont exploitées par un même exploitant sur un même site, le niveau de bruit global émis par ces installations respecte les valeurs limites ci-dessus.

Le fabricant éolien met à la disposition de l'exploitant :

- Les courbes acoustiques garanties par vitesse de vent de chaque modèle d'aérogénérateur (reprises dans les Spécifications Générales de chaque modèle)
- Des rapports de mesure incluant les données acoustiques par bandes d'octave

### **Le bruit à tonalité marquée**

Il s'agit d'un bruit émettant une fréquence émergente pouvant être considérée comme gênante. Ce bruit dépend du type d'éolienne, des technologies choisies, mais également de l'emplacement et du nombre de machines. Cette mesure doit donc être effectuée sur site.

**Art. 27** – Les véhicules de transport, les matériels de manutention et les engins de chantier utilisés à l'intérieur de l'installation sont conformes aux dispositions en vigueur en matière de limitation de leurs émissions sonores. En particulier, les engins de chantier sont conformes à un type homologué.

L'usage de tous appareils de communication par voie acoustique (par exemple sirènes, avertisseurs, haut-parleurs), gênant pour le voisinage, est interdit, sauf si leur emploi est exceptionnel et réservé à la prévention et au signalement d'incidents graves ou d'accidents.

Le fabricant éolien respecte les normes en vigueur lors des phases d'installation, et dans l'exécution de ses contrats de maintenance. Ces normes concernent les véhicules, matériels, engins et appareils de communication.



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

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

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

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

### Terrains non bâtis

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

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

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

### Voies de circulation

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

### Voies de circulation automobiles

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

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

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

### Voies ferroviaires

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

### Voies navigables

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

### Chemins et voies piétonnes

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

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

### Logements

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

### Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

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

#### **Zones d'activité**

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

## ANNEXE 3 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2011. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI. de la trame type de l'étude de dangers.

| Type d'accident        | Date          | Nom du parc                  | Département   | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts   | Cause probable de l'accident   | Source(s) de l'information   | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers                           |
|------------------------|---------------|------------------------------|---------------|-------------------|--------------------------|---------------------|--|--|--|---|
| <b>Effondrement</b>    | 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   | -   |
| <b>Rupture de pale</b> | 2001          | Sallèles-Limousis            | Aude          | 0,75              | 1998                     | Non                 | Bris de pales en bois (avec inserts)   | ?  | Site Vent de Colère  | Information peu précise   |
| <b>Effondrement</b>    | 01/02/2002    | Wormhout                     | Nord          | 0,4               | 1997                     | Non                 | Bris d'hélice et mât plié  | Tempête  | Rapport du CGM Site Vent du Bocage   | -   |
| <b>Maintenance</b>     | 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) |
| <b>Effondrement</b>    | 28/12/2002    | Névian - Grande Garrigue     | Aude          | 0,85              | 2002                     | Oui                 | Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage  | Tempête + dysfonctionnement du système de freinage   | Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)  | -   |
| <b>Rupture de pale</b> | 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   |
| <b>Rupture de pale</b> | 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)  | -   |
| <b>Effondrement</b>    | 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) | -   |

| Type d'accident                   | Date       | Nom du parc                         | Département | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts  | Cause probable de l'accident   | Source(s) de l'information   | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers                     |
|-----------------------------------|------------|-------------------------------------|-------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|--|--|---|
| <b>Effondrement</b>               | 20/03/2004 | Loon Plage – Port de Dunkerque      | Nord        | 0,3               | 1996                     | Non                 | Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation   | Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)                                      | Base de données ARIA<br>Rapport du CGM<br>Site Vent de Colère<br>Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004) | -   |
| <b>Rupture de pale</b>            | 22/06/2004 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère   | 0,3               | 2001                     | Non                 | Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact   | Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)  | Rapport du CGM<br>Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)   | -   |
| <b>Rupture de pale</b>            | 08/07/2004 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère   | 0,3               | 2001                     | Non                 | Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact   | Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)  | Rapport du CGM<br>Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)   | Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant                      |
| <b>Rupture de pale</b>            | 2004       | Escales-Conilhac                    | Aude        | 0,75              | 2003                     | Non                 | Bris de trois pales   |  | Site Vent de Colère  | Information peu précise   |
| <b>Rupture de pale + incendie</b> | 22/12/2004 | Montjoyer-Rochefort                 | Drôme       | 0,75              | 2004                     | Non                 | Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)   | Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage       | Base de données ARIA<br>Article de presse (La Tribune du 30/12/2004)<br>Site Vent de Colère  | -   |
| <b>Rupture de pale</b>            | 2005       | Wormhout                            | Nord        | 0,4               | 1997                     | Non                 | Bris de pale  |  | Site Vent de Colère  | Information peu précise   |
| <b>Rupture de pale</b>            | 08/10/2006 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère   | 0,3               | 2004                     | Non                 | Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes  | Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc | Site FED<br>Articles de presse (Ouest France)<br>Journal FR3   | -   |
| <b>Incendie</b>                   | 18/11/2006 | Roquetaillade                       | Aude        | 0,66              | 2001                     | Oui                 | Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle. | Malveillance / incendie criminel   | Communiqués de presse exploitant<br>Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)  | -   |
| <b>Effondrement</b>               | 03/12/2006 | Bondues                             | Nord        | 0,08              | 1993                     | Non                 | Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle  | Tempête (vents mesurés à 137Kmh)   | Article de presse (La Voix du Nord)  | -   |
| <b>Rupture de pale</b>            | 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) |
| <b>Rupture de pale</b>            | 03/2007    | Clitourps                           | Manche      | 0,66              | 2005                     | Oui                 | Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ  | Cause pas éclaircie  | Site FED<br>Interne exploitant   | -   |

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

| Type d'accident        | Date       | Nom du parc         | Département      | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts  | Cause probable de l'accident  | Source(s) de l'information  | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers                           |
|------------------------|------------|---------------------|------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|---|---|---|
| <b>Incendie</b>        | 30/10/2009 | Freysenet           | Ardèche          | 2                 | 2005                     | Oui                 | Incendie de la nacelle  | Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)  | Base de données ARIA<br>Site FED<br>Article de presse (Le Dauphiné) | -   |
| <b>Maintenance</b>     | 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) |
| <b>Effondrement</b>    | 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  | -   |
| <b>Incendie</b>        | 19/09/2010 | Montjoyer-Rochefort | Drôme            | 0,75              | 2004                     | Non                 | Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.   | Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min   | Articles de presse<br>Communiqué de presse SER-FEE                  | -   |
| <b>Maintenance</b>     | 15/12/2010 | Pouillé-les-Côteaux | Loire Atlantique | 2,3               | 2010                     | Oui                 | Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave. |   | Interne SER-FEE   | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| <b>Transport</b>       | 31/05/2011 | Mesvres             | Saône-et-Loire   | -                 | -                        | -                   | Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau<br>Aucun blessé                       |   | Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)                       | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)   |
| <b>Rupture de pale</b> | 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   |

| Type d'accident | Date       | Nom du parc    | Département    | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts  | Cause probable de l'accident     | Source(s) de l'information  | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers                       |
|-----------------|------------|----------------|----------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|----------------------------------|---|---|
| Incendie        | 03/01/2012 | Non communiqué | Non communiqué | 2,3               | 2006                     | Oui                 | Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour. | Malveillance / incendie criminel | Interne exploitant  | Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie) |
| Rupture de pale | 05/01/2012 | Widehem        | Pas-de-Calais  | 0,75              | 2000                     | Non                 | Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).   | Tempête + panne d'électricité    | Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012)<br>Vidéo DailyMotion<br>Interne exploitant | -   |

câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie.

La base Aria du Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels recense un certain nombre d'accidents intervenus depuis l'élaboration de la base de données présente dans le guide de Mai 2012.

Ci dessous une liste non exhaustive mais représentative des accidents survenus. Le texte est issu de la base Aria.

**- N° 47062 - Feu d'éolienne - 24/08/2015- FRANCE - 28 - SANTILLY**

Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur. La nacelle étant trop haute pour la grande échelle des pompiers, ces derniers décident de laisser brûler le foyer sous surveillance. Les chemins menant à l'éolienne sont interdits à la circulation.

**- N° 46237 - Feu d'éolienne - 06/02/2015- FRANCE - 79 - LUSSEY**

Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.

**- N° 46304 - Feu d'éolienne - 29/01/2015 - FRANCE - 02 - REMIGNY**

A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. A cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie. Les dommages matériels sont estimés à 150 k€. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés. Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le

L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test. L'exploitant prévoit de tester la qualité de l'isolation de tous les câbles de puissance avant la mise en service. Il prévoit également de réaliser des mesures thermiques sur tous les câbles de puissance à 80% de leur charge nominale.

**- N° 46030 - Chute d'une pale d'éolienne - 05/12/2014 - FRANCE - 11 - FITOU**

A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments là sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité, la pale endommagée vers le bas. L'exploitant effectue une inspection visuelle des pales des 8 autres éoliennes du parc. En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollage sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise.

**- N° 45960 - Chute d'une pale d'éolienne - 14/11/2014 - FRANCE - 07 - SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE**

La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m. Les secours établissent un périmètre de sécurité et ferment la voie d'accès. L'exploitant sécurise la pale endommagée et bloque la rotation de la nacelle. L'installation est expertisée et les 8 autres éoliennes du parc sont inspectées.

**- N° 44870 - Arrêt automatique d'éolienne et chute de pale - 20/01/2014 - FRANCE - 11 - SIGEAN**

Une des éoliennes d'un parc s'arrête automatiquement à 3h09 à la suite d'un défaut « vibration ». Sur place à 9h30, les techniciens de maintenance (assurée par le fabricant des éoliennes) retrouvent une pale de 20 m au pied du mât. Les 2 autres pales sont toujours en place. Un périmètre de sécurité de 100 m est établi autour de l'éolienne et surveillé par une société de gardiennage pour éviter l'intrusion de tiers. L'ensemble des machines du parc est mis à l'arrêt pour inspection puis redémarré, à l'exception de l'éolienne endommagée dont la pale sera remplacée. L'exploitant informe l'inspection des installations classées ainsi que la mairie et déclare le sinistre auprès de ses assureurs dans l'après-midi. Le morceau de pale détaché est évacué du site en vue d'une expertise. Lors de l'accident le vent soufflait entre 18 m/s et 22 m/s.

L'expertise identifie la cause directe de la chute de la pale : des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée « alu ring », située à la base de la pale. Cette pièce sert de jonction entre la pale en fibre de verre et le moyeu métallique. Toutes les éoliennes du parc, sauf une, sont équipées de cette pièce. Avant remise en service du parc (qui avait été mis à l'arrêt suite à l'incident), des contrôles ultrasonores sont réalisées sur l'ensemble des pièces « alu ring ». 2 pales sont maintenues à l'arrêt à cause de la découverte d'une fissuration avancée de cette pièce.

L'exploitant prévoit le remplacement, d'ici fin 2014, des pales des éoliennes à l'arrêt par des pièces faisant l'objet d'un nouveau design. Les autres feront l'objet d'un contrôle périodique afin de suivre l'évolution des fissures et de pouvoir programmer, le cas échéant, le remplacement ou la réparation des pales défectueuses.

#### **- N° 44831 - Feu d'éolienne - 09/01/2014 - FRANCE - 08 - ANTHENY**

Un feu se déclare vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW. Le parc éolien est isolé électriquement. Un périmètre de sécurité de 300 m est instauré. Le feu s'éteint de lui-même vers 20 h. La nacelle est détruite, le rotor est intact. Le balisage aéronautique de la machine étant hors-service, les services de l'aviation civile sont alertés. La presse évoque un incident électrique pour expliquer le départ de feu. L'éolienne sinistrée est démantelée le 17/06 par basculement à l'explosif. Cette opération nécessite la mise en place d'un périmètre de sécurité d'un kilomètre.

#### **- N° 44197 - Déversement d'huile hydraulique dans un parc éolien - 03/08/2013 - FRANCE - 56 - MOREAC**

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

#### **- N° 44150 - Incident sur un accumulateur dans une éolienne - 01/07/2013 -FRANCE - 34 - CAMBON-ET-SALVERGUES**

Au cours d'une opération de maintenance dans le hub d'une éolienne (nez qui sert de local technique), un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient. L'intervention porte sur l'appoint en azote d'un accumulateur sous pression. Cet accumulateur est un cylindre de 10 L comportant deux compartiments : l'un contient de l'huile reliée au circuit hydraulique des pâles de l'éolienne et l'autre de l'azote sous environ 100 bar de pression. Alors qu'il a terminé l'opération de remplissage du compartiment azote, pour laquelle il a positionné un outillage spécifique sur un raccord de l'accumulateur, le technicien de maintenance dévisse la vanne d'isolement de l'accumulateur, au lieu de l'embout de l'outillage. Une dépressurisation brutale de l'azote se produit, projetant une partie de la vanne au visage de l'opérateur ce

qui lui brise le nez et plusieurs dents. L'inhalation du gaz provoque également un décollement de l'œsophage. L'opérateur est aidé par un collègue pour descendre de la nacelle puis hospitalisé. La gendarmerie place l'accumulateur de gaz sous scellé pour expertise.

Le risque que représente le dévissage de cette vanne d'isolement alors que l'accumulateur contient du gaz sous pression a été identifié par le fabricant. La parade de conception mise en œuvre consiste à réaliser sur la visserie de la vanne une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à l'échappement du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total de la vanne et son éventuelle projection.

L'analyse de l'exploitant lui permet de réaliser les constats suivants : le dispositif d'alerte (perforation de la visserie) de l'accumulateur sur lequel s'est produit l'accident était opérationnel cependant la procédure d'intervention ne mentionnait ni l'existence, ni la signification de ce signal d'alerte. L'expertise réalisée sur l'équipement ne fait ressortir aucun constat de dégradation du matériel. Les causes de cet accident semblent donc directement liées des défaillances organisationnelles : la conscience des risques associés aux interventions sur des équipements sous pression, la formation de l'intervenant à sa tâche pression et les procédures opérationnelles n'étaient pas suffisamment robustes.

Suite à cet accident l'exploitant modifie ses procédures de maintenance et renforce la formation des techniciens sur les aspects risques. Pour l'heure, il suspend les opérations de remplissage des accumulateurs dans les hub d'éolienne et fait réaliser cette opération en atelier. Une modification des accumulateurs est également envisagée pour utiliser des modèles avec vanne intégrée.

#### **- N° 45016 - Eolienne touchée par la foudre - 20/06/2013 - FRANCE - 07 - LABASTIDE-SUR-BESORGUES**

Un impact de foudre endommage vers 15h30 une éolienne : une pôle est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées. L'éolienne est mise en sécurité et un périmètre de sécurité est établi. La municipalité, l'aviation civile (défaut de balisage), les services de l'électricité et du téléphone, la société en charge de la maintenance et l'inspection des installations classées sont informés. L'impact enregistré le plus proche de l'éolienne au moment de l'orage est donné avec une intensité de 94 kA. L'exploitant change les 3 pâles et redémarre l'éolienne le 02/08/13. Le fabricant de l'éolienne indique que ce type d'incident est exceptionnel (incursion d'un arc électrique dans la pôle conduisant à une montée en pression de l'air intérieur), aucune dérive fonctionnelle du système parafoudre n'ont été trouvées.

#### **- N° 43630 - Feu d'éolienne - 17/03/2013 - FRANCE - 51 - EUVY**

Des usagers de la N4 signalent vers 15h30 un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieux périlleux éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols. Les maires des communes voisines se sont rendus sur place. Au moment du départ de feu, le vent soufflait à 11 m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale. La gendarmerie évoque une défaillance électrique après avoir écarté la malveillance. Le parc, mis en service en 2011, avait déjà connu un incendie quelques mois plus tôt selon la presse. Les 18 machines sont



inspectées. A la suite de l'accident, l'exploitant et la société chargée de la maintenance étudient la possibilité d'installer des détecteurs de fumées dans les éoliennes.

**- N° 43576 - Rupture d'une panne d'éolienne - 06/03/2013 - FRANCE - 11 - CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE**

A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât. L'éolienne est mise en sécurité (2 pales restantes mises en drapeau, blocage du rotor, inspection du moyeu). Un périmètre de sécurité de 30 m est établi au pied de l'éolienne et la municipalité interdit l'accès à la zone. L'accident est déclaré à l'inspection des installations classées 48 h plus tard. L'une des pales de cette éolienne avait déjà connu un problème de fixation en novembre 2011. Les fixations de cette pale au moyeu avaient été remplacées et le serrage des vis des 2 autres avait été contrôlé en avril 2012. La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut.

**- N° 43228 - Feu d'éolienne - 05/11/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN**

Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien ; un voisin donne l'alerte à 17h30. Des projections incandescentes enflamment 80 m<sup>2</sup> de garrigue environnante. Les pompiers éteignent l'incendie vers 21h30. L'exploitant met en place un balisage de sécurité à l'aube le lendemain. A la suite de la chute d'une pale à 15h20, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place. Le 08/11, la municipalité interdit par arrêté l'accès au chemin menant à l'éolienne.

Le feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne. Un dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation de courants de court circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante.

Cet accident met en question la fiabilité des dispositifs de protection électrique, les possibilités de suraccident (propagation de l'incendie à la végétation environnante, chute de pale) et des pistes d'amélioration dans la détection et la localisation des incendies d'éoliennes, ainsi que dans la réduction des délais d'intervention.

**- N° 43120 - Chute d'un élément d'une pale d'éolienne - 01/11/2012 - FRANCE - 15 - VIEILLESPESE**

Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs de 2,5 MW mis en service en 2011.

**- N° 43110 - Chute d'éolienne - 30/05/2012 - FRANCE - 11 - PORT-LA-NOUVELLE**

Un promeneur signale à 7h30 la chute d'une éolienne. Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits. Le site, ouvert au public, est sécurisé.

**- N° 42919 - Chute d'une pale d'éolienne - 18/05/2012 - FRANCE - 28 - FRESNAY-L'EVEQUE**

Dans un parc de 26 éoliennes de 2 MW mis en service en 2008, un aérogénérateur est mis à l'arrêt vers 3 h suite à la détection d'une oscillation anormale. L'équipe de maintenance d'astreinte constate à 8 h la chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et la rupture du roulement qui raccordait la pale au hub. Le pied de mat se situe à 190 m de la D389 et à 400 m de l'A10.

L'analyse des relevés des capteurs et des comptes-rendus d'entretien ne révèle aucune anomalie ni signe précurseur (contraintes anormales qui auraient pu endommager le roulement, vibration suspecte avant la rupture, différence d'orientation des pales, défaut d'aspect visuel lors des contrôles...). Des traces de corrosion sont détectées dans les trous d'alésages traversant une des bagues du roulement reliant pale et hub. Selon le fabricant, cette corrosion proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement. L'installation est remise en service fin octobre après remplacement de la pale endommagée et mise en place de nouveaux roulements possédant une protection contre la corrosion.

L'exploitant demande à l'entreprise en charge de la maintenance, et fabricante, des éoliennes du parc de:

- procéder au contrôle visuel des roulements de l'ensemble des éoliennes tous les 3 mois.
- procéder au contrôle acoustique des roulements et de mesurer le niveau de corrosion.
- supprimer la corrosion des alésages à risque.
- contrôler l'absence de fissures résiduelles par courant de Foucault.

**- N° 43841 - Chute d'une pale d'éolienne - 11/04/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN**

Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place et l'éolienne est mise en sécurité (pales en drapeau). Au moment de l'accident, la vitesse du vent était de 10 à 12 m/s. L'inspection des installations classées a été informée. L'expertise d'assurance attribue l'accident à un impact de foudre sur l'éolienne. Un an plus tard, celle-ci est toujours arrêtée.

**- N° 41628 - Électrisation lors de la maintenance d'une éolienne - 06/02/2012 - FRANCE - 02 - LEHAUCOURT**

Vers 11 h au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). Les 2 victimes descendent par leurs propres moyens. Les pompiers hospitalisent l'employé le plus gravement atteint et s'assurent qu'il n'y a plus de risque dans la nacelle. Le maire s'est rendu sur place. La gendarmerie et l'inspection du travail effectuent des enquêtes. Les victimes portaient leurs EPI lors des faits.

Un accident similaire s'était produit en 2009 (ARIA 35814).

En complément de cette base on pourra noter certains des accidents suivants qui sont intervenus et non présents dans la base Aria. Cette liste n'est pas exhaustive car tout les incidents ne font pas forcément l'objet de publication de la part des exploitants.

Le **23/05/2012 - Parc éolien "Chemin d'Ablis"** - Une éolienne Repower de 2 MW proche de l'autoroute A10 au sud ouest de Paris perd une pale de 46m.

le **05/05/2015 - Gournay-Loizé département des Deux-Sèvres** - Un opérateur de maintenance c'est cassé le poigné en utilisant une perceuse en haut d'une éolienne à 84 mètres de hauteur. Il a été secouru par les pompiers.

Le **10/11/2015 - Ménil-la-Horgne département de la Meuse** - Les trois pales et le rotor d'une éolienne Repower MD77 sont tombés de leur mât, écrasant dans leur chute un transformateur permettant de convertir la tension de 690 volts en 20.000 volts, tension du réseau national d'EDF.

Le **08/02/2016 - Dinéault département du Finistère**- Une des quatre éoliennes Windmaster WM28/300 implantées au lieu-dit Pennalé n'a pas résisté à la tempête qui a balayé la Bretagne cette nuit là. De nombreux débris jonchaient le sol dans un rayon de plusieurs dizaines de mètres. Il n'y a eu aucun blessé ni aucun autre dégât matériel à déplorer, le parc étant assez éloigné des premières habitations.

Le **05/03/2016 - Calanhel, Côtes-d'Armor** - Une éolienne Gamesa à perdu une pale. Le pilotage automatique a permis de détecter une situation anormale et la machine s'est mise immédiatement en mode sécurité. Le parc a été sécurisé.

Le **28/05/2016 - 28 - JANVILLE** - À 15h15, un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Il arrête celle-ci et contacte l'équipe de maintenance. Arrivés à 17 h, les agents mettent en place des absorbants. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol. La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite. L'installation est réparée 2 jours plus tard. L'exploitant engage une campagne de remplacement des raccords identiques du parc.

Le **10/08/2016 - 80 - HESCAMPS** - Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Il redescend seul les 70 m de l'échelle intérieure de l'éolienne. Il est légèrement intoxiqué par les fumées. Les pompiers contrôlent l'extinction complète et procèdent à la ventilation. Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.

Le **18/08/2016 - 60 - DARGIES** - Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut. Des pompiers spécialisés dans les interventions en milieux périlleux effectuent une reconnaissance en partie haute de la machine. Ils ouvrent une trappe de ventilation. Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.

**On notera que mis à part dans le cadre d'opérations de maintenance, aucun accidents recensés en France n'a causé de victimes.**

## ANNEXE 4 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

#### Scénario G01

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

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

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

#### Scénario G02

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

Aux faibles vitesses de vents (vitesse de démarrage ou « cut in »), les projections resteront limitées au surplomb

de l'éolienne. A vitesse de rotation nominale, les éventuelles projections seront susceptibles d'atteindre des distances supérieures au surplomb de la machine.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation). Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau, tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de danger. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

#### Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

#### Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Scénario P01

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

#### Scénario P02

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

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

Facteur aggravant : Infiltration d'eau et formation de glace dans une fissure, vents violents, 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 5 – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## ANNEXE 6 – GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

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

**Événement redouté central** : Événement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte de confinement pour les fluides et

d'une perte d'intégrité physique pour les solides. Les événements situés en amont sont conventionnellement appelés « phase pré-accidentelle » et les événements situés en aval « phase post-accidentelle ».

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

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

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

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

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

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

- les mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux
- les mesures (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux

- les mesures (ou barrières) de protection : mesures visant à limiter les conséquences sur les enjeux potentiels par diminution de la vulnérabilité.

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

**SER** : Syndicat des Energies Renouvelables

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

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

**EDD** : Etude de dangers

**APR** : Analyse Préliminaire des Risques

**ERP** : Etablissement Recevant du Public

## ANNEXE 7 –MEMOIRE DESCRIPTIF

### Liaison HTA du parc éolien entre les cinq éoliennes et le point de livraison

#### BUT DES INSTALLATIONS

Les lignes HTA 20 000 Volts projetées sont destinées à acheminer l'énergie électrique produite par les éoliennes vers le poste de livraison raccordé au réseau public de distribution d'électricité.

Les raccordements HTA se feront sur le poste de livraison installé sur la parcelle YM22 de la commune de Plumieux, ainsi que sur les cellules HTA des éoliennes situées sur la commune de SAINT ETIENNE DU GUE DE L'ISLE sur la parcelle ZC n°39 (éolienne n°1) et sur la commune de PLUMIEUX sur la parcelle YM 11 (éolienne n°2), YM 21 (éolienne n°3), YM 22 (éolienne n°4) et YM n°67 (éolienne n°5).

Les lignes HTA emprunteront :

- Sur la commune de Saint Etienne du Gué de l'Isle les parcelles ZC 39, ZC 38 et le chemin rural situé entre ces deux parcelles
- sur la commune de Plumieux les parcelles YM11, YM 12, YM 21, YM 22, YM 67 et la voie communale n°6.

Les tracés ont été établis en tenant compte des ouvrages existant et des particularités du terrain.

#### DESCRIPTION DES OUVRAGES

Les descriptions suivantes ont été prévues pour l'exécution des ouvrages :

##### Câble :

Les câbles correspondront à la norme NF C33 226

Les lignes HTA auront une longueur d'environ 1479 mètres réalisées en souterrain.

Passage d'ouvrages particulier (traversée de route) : Les câbles seront protégés par des fourreaux.

##### Poste de livraison :

Poste Béton

Le dossier sera instruit sous la procédure d'autorisation unique.

Les travaux seront exécutés conformément aux règles de l'art et répondront aux prescriptions de l'arrêté technique 11-001 du 17 mai 2001 déterminant les conditions auxquelles doivent satisfaire les lignes d'énergie électrique.

## ANNEXE 8 –LE PROJET DANS SON ENVIRONNEMENT

### 1 - Désignation de l'ouvrage

Le projet est constitué de canalisations souterraines électriques reliant les aérogénérateurs entre eux et leur raccordement au poste de livraison.

Les communes d'implantation des éoliennes sont Saint Etienne du Gué de l'Isle (Eolienne E1) et Plumieux (Eoliennes E2, E3, E4, E5 et le poste de livraison)

Objet : Pose d'un poste de livraison HTA, réalisation de liaisons HTA et fibre optique souterraines entre les éoliennes, et raccordement des installations au Poste de livraison et au Poste source (Fibre optique)

Construction : souterrain

### 2 - Utilité de l'ouvrage

L'activité du site est la production d'électricité d'origine éolienne. Le réseau électrique est entièrement en 20 000 Volts HTA souterrain.

### 3 - Caractéristiques

Pose : 20 000V HTA Souterrain – linéaire : environ 648 mètres de type 3\*150 mm<sup>2</sup> Al

Pose : 20 000V HTA Souterrain : environ 800 mètres de type 3\*240 mm<sup>2</sup> Al

Pose : fibre optique dans fourreaux type PEHD diamètre 40 mm sur une distance de 1448 mètres environ.

Installation d'un poste de livraison de dimension (L\*I\*h) : 9.04m \* 2.54m \* 2.38m

### 4 – Etat initial de l'environnement

Le projet éolien de Keranna se situe à une quinzaine de kilomètres au sud de Loudéac, au carrefour des limites des deux départements : Côtes d'Armor et Morbihan. Ce projet porte sur l'implantation de 5 éoliennes, d'une hauteur maximale de 150 mètres, et d'orientation sensiblement Nord Ouest – Sud Est.

Les thématiques liées à la Topographie-hydrographie, Faune, Patrimoine, Urbanisme, Bruit, Servitudes, Paysage sont présentées dans le document « ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT » au chapitre « Effets de la solution retenue sur la santé et l'environnement ».

## ANNEXE 9 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

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