

SAS
Parc Eolien
des
Hauts Poiriers

PROJET DE PARC EOLIEN DES HAUTS POIRIERS (FOULAIN-CRENAY – 52)

Dossier de demande d'autorisation environnementale

Cahier n°6– Etude de dangers et Résumé non technique Version complétée en JANVIER 2020



Rapport final V2

Dossier 19110072
03/02/2020

réalisé par



AUDDICE ENVIRONNEMENT
EST
6 Place Sainte Croix
51 000 Châlons-en-
Champagne
03 26 64 05 01

Projet de parc éolien des HAUTS POIRIERS (FOULAIN-CRENAY – 52)

Dossier de demande d'autorisation environnementale

Cahier n°6– Etude de dangers et Résumé non technique Version complétée en JANVIER 2020

Rapport final V2

SAS Parc éolien des Hauts Poiriers

| Version | Date | Description |
|------------------|------------|--|
| Rapport final V1 | 23/02/2018 | Etude de dangers et Résumé non technique– Projet éolien des Hauts Poiriers |
| Rapport final V2 | 28/01/2020 | Etude de dangers et Résumé non technique– Projet éolien des Hauts Poiriers, complétés suite à demande en cours d'instruction |

| | Nom - Fonction | Date | Signature |
|-----------|--|------------|---|
| Rédaction | Aurélié COFFRAND - Ingénieur environnement | 23/02/2018 |  |
| Rédaction | Aurélié COFFRAND - Ingénieur environnement | 03/02/2018 |  |

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| CHAPITRE 1. RESUME NON TECHNIQUE..... | 5 |
| 1.1 Introduction..... | 6 |
| 1.2 Présentation de l'installation..... | 6 |
| 1.3 Caractéristiques de l'installation..... | 8 |
| 1.3.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien..... | 8 |
| 1.3.2 Eléments constitutifs d'un aérogénérateur..... | 8 |
| 1.3.3 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur..... | 8 |
| 1.3.4 Emprise au sol..... | 9 |
| 1.3.5 Chemins d'accès..... | 9 |
| 1.3.6 Autres installations..... | 9 |
| 1.4 Fonctionnement de l'installation..... | 10 |
| 1.5 Identification des dangers et analyse des risques associés..... | 10 |
| 1.5.1 Les sources de dangers..... | 10 |
| 1.5.2 Les enjeux à protéger..... | 11 |
| 1.5.3 Analyse des risques..... | 11 |
| 1.5.4 Etude détaillée des risques..... | 14 |
| 1.6 Conclusion..... | 16 |
| CHAPITRE 2. ETUDES DE DANGERS..... | 17 |
| 2.1 Préambule..... | 18 |
| 2.1.1 Objectif de l'étude de dangers..... | 18 |
| 2.1.2 Contexte législatif et réglementaire..... | 18 |
| 2.1.3 Nomenclature des installations classées..... | 19 |
| 2.1.4 Document de référence, guide technique INERIS/SER FEE..... | 19 |
| 2.2 Informations générales concernant l'installation..... | 19 |
| 2.2.1 Renseignements administratifs..... | 19 |
| 2.2.2 Localisation du site..... | 19 |
| 2.2.3 Définition de l'aire d'étude..... | 19 |
| 2.3 Description de l'environnement de l'installation..... | 21 |
| 2.3.1 Environnement humain..... | 21 |
| 2.3.2 Environnement naturel..... | 21 |
| 2.3.3 Environnement matériel..... | 22 |
| 2.3.4 Cartographie de synthèse..... | 23 |
| 2.4 Description de l'installation..... | 25 |
| 2.4.1 Caractéristiques de l'installation..... | 25 |
| 2.4.2 Fonctionnement de l'installation..... | 27 |
| 2.5 Identification des potentiels de dangers de l'installation..... | 31 |
| 2.5.1 Potentiels de dangers liés aux produits..... | 31 |
| 2.5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation..... | 31 |
| 2.5.3 Réduction des potentiels de dangers à la source..... | 32 |
| 2.6 Analyse des retours d'expérience..... | 32 |
| 2.6.1 Inventaire des accidents et incidents en France..... | 32 |
| 2.6.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international..... | 33 |
| 2.6.3 Inventaire des accidents majeurs sur les sites de l'exploitant..... | 34 |
| 2.6.4 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience..... | 34 |
| 2.7 Analyse préliminaire des risques..... | 36 |
| 2.7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques..... | 36 |
| 2.7.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques..... | 36 |
| 2.7.3 Recensement des agressions externes potentielles..... | 36 |
| 2.7.4 Scénarii étudiés dans l'Analyse Préliminaire des Risques (APR)..... | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 2.7.5 Effets dominos..... | 40 |
| 2.7.6 Mise en place des mesures de sécurité..... | 40 |
| 2.7.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques..... | 43 |
| 2.8 Etude détaillée des risques..... | 43 |
| 2.8.1 Rappel des définitions..... | 43 |
| 2.8.2 Caractérisation des scénarii retenus..... | 46 |
| 2.8.3 Cartographie des risques..... | 54 |
| 2.8.4 Synthèse de l'étude détaillée des risques..... | 64 |
| 2.9 Conclusion..... | 66 |
| CHAPITRE 3. ORGANISATION DU RESEAU ELECTRIQUE INTERNE..... | 67 |
| 3.1 Fonctionnement des réseaux de l'installation..... | 68 |
| 3.1.1 Réseaux électriques internes..... | 68 |
| CHAPITRE 4. BIBLIOGRAPHIE..... | 73 |
| CHAPITRE 5. ANNEXES..... | 75 |
| Annexe 1 – Annexe au guide technique INERIS..... | 77 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 1. Caractéristiques techniques des éoliennes..... | 6 |
| Tableau 2. Correspondance entre l'intensité et le degré d'exposition..... | 12 |
| Tableau 3. Détermination des seuils de gravité en fonction du nombre équivalents de personnes présentes dans chacune des zones..... | 12 |
| Tableau 4. Classes de probabilité utilisées dans les études de dangers issues de l'Annexe I de l'arrêté du 29 septembre 2005..... | 12 |
| Tableau 5. Rubrique des installations classées au titre des ICPE..... | 19 |
| Tableau 6. Caractéristiques techniques des éoliennes..... | 26 |
| Tableau 7. Intensité des phénomènes selon le modèle d'éolienne..... | 26 |
| Tableau 8. Maintenance type1..... | 29 |
| Tableau 9. Maintenance type3..... | 30 |
| Tableau 10. Maintenance type 4..... | 30 |
| Tableau 11. Dangers potentiels d'une éolienne..... | 31 |
| Tableau 12. Agressions externes liées aux activités humaines..... | 36 |
| Tableau 13. Analyse générique des risques..... | 39 |
| Tableau 14. Scénarii exclus de l'étude détaillée..... | 43 |
| Tableau 15. Grille de cotation en intensité issue du guide technique..... | 44 |
| Tableau 16. Grille de cotation en gravité de l'arrêté du 29 septembre 2005..... | 44 |
| Tableau 17. Grille de cotation en probabilité de l'arrêté du 29 septembre 2005..... | 45 |
| Tableau 18. Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010..... | 46 |
| Tableau 19. Scénario d'effondrement – calcul de l'intensité..... | 46 |
| Tableau 20. Scénario d'effondrement – cotation de la gravité..... | 47 |
| Tableau 21. Scénario d'effondrement – acceptabilité du risque..... | 48 |
| Tableau 22. Scénario chute de glace – calcul de l'intensité..... | 48 |
| Tableau 23. Scénario chute de glace – cotation de la gravité..... | 49 |
| Tableau 24. wScénario chute de glace – acceptabilité du risque..... | 49 |

| | |
|--|----|
| Tableau 25. Scénario chute d'éléments de l'éolienne – calcul de l'intensité..... | 50 |
| Tableau 26. Scénario chute d'éléments de l'éolienne – cotation de la gravité..... | 50 |
| Tableau 27. Scénario chute d'éléments de l'éolienne – acceptabilité du risque | 51 |
| Tableau 28. Scénario projection de pales ou de fragments de pales – calcul de l'intensité | 51 |
| Tableau 29. Scénario chute d'éléments de l'éolienne – cotation de la gravité..... | 52 |
| Tableau 30. Scénario projection de pales ou de fragments de pales – acceptabilité du risque | 53 |
| Tableau 31. Scénario projection de glace – calcul de l'intensité..... | 53 |
| Tableau 32. Scénario projection de glace – cotation de la gravité..... | 54 |
| Tableau 33. Scénario projection de glace – acceptabilité du risque | 54 |
| Tableau 34. Synthèse de la cotation des risques – étude détaillée..... | 64 |
| Tableau 35. Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010..... | 65 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1. Schéma simplifié d'un aérogénérateur..... | 8 |
| Figure 2. Raccordement électrique des installations..... | 9 |
| Figure 3. Illustration des emprises au sol d'une éolienne | 9 |
| Figure 4. Schéma simplifié d'un aérogénérateur..... | 25 |
| Figure 5. Illustration des emprises au sol d'une éolienne | 25 |
| Figure 6. Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées..... | 34 |
| Figure 7. Schéma électrique d'un parc éolien (Source: ADEME) | 68 |

CHAPITRE 1. RESUME NON TECHNIQUE

1.1 Introduction

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

La démarche de l'étude consiste en une identification des dangers, des enjeux vulnérables et des conséquences éventuelles d'accidents. L'ajout systématique de mesures de prévention et/ou de protection doit permettre de diminuer le niveau de risque à un niveau acceptable.

Cette étude se base sur le guide technique version de mai 2012, qui a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS et de professionnels du Syndicat des énergies renouvelables. Dans la suite de l'étude, ce guide sera appelé « guide technique ».

1.2 Présentation de l'installation

Le parc éolien des Hauts Poiriers sera composé de 8 aérogénérateurs et 3 postes de livraison, localisés sur la commune de Foulain-Crenay (52).

Cette commune se situe à huit kilomètres au sud de Chaumont (52) et à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest de Langres (52).

La localisation du site est visible sur la carte en page suivante.

Carte 1- Carte de situation– p.7

La zone d'étude (périmètre de 500 m autour des éoliennes) se situe sur les communes suivantes :

- Foulain-Crenay ;
- Neuilly-sur-Suize ;
- Leffonds.

Le type d'aérogénérateur n'étant pas encore retenu (il sera choisi après délivrance des autorisations administratives nécessaires), l'étude de dangers a été réalisée de manière à se placer dans les conditions les plus impactantes.

Le porteur du projet se laisse le choix d'un modèle de machine mais souhaite que son gabarit maximum en bout de pale atteigne 170 m avec un rotor maximum de 140 m.

| Caractéristiques | GABARIT THEORIQUE | GAMESA G132 | SENVION 3.6M |
|--------------------------------|-------------------|-------------|--------------|
| Puissance nominale | 3,9 MW | 3,465 MW | 3,6 MW |
| Hauteur du moyeu | 100 m | 101.5 m | 110 m |
| Diamètre de rotor | 140 m | 132 m | 140 m |
| Pales | 68,5 m | 64,5 m | 64,4 m |
| Hauteur totale en bout de pale | 170 m | 167,5 m | 180 m |

Tableau 1. Caractéristiques techniques des éoliennes

Afin de ne pas minimiser l'intensité des phénomènes analysés dans cette étude (effondrement, chute de glace, chute d'éléments, projection de pale ou de morceau de pale et projection de glace), cette intensité a été évaluée à partir des degrés d'exposition calculés pour les trois types d'éoliennes.

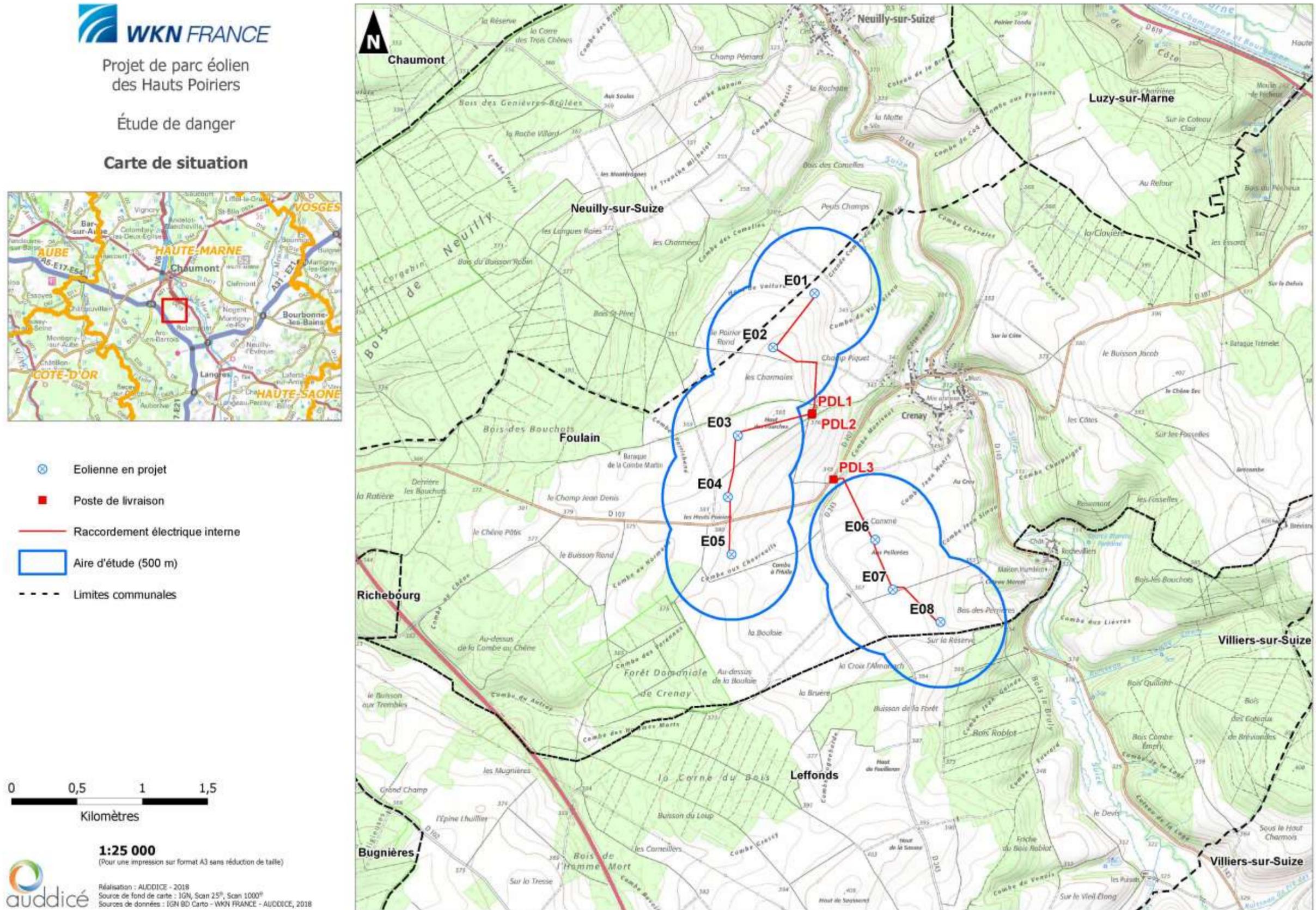
Le gabarit maximaliste retenu pour cette étude est :

| | |
|--------------------------|--------|
| Puissance nominale | 3,9 MW |
| Hauteur du moyeu | 100 m |
| Hauteur en bout de pale | 170 m |
| Largeur à la base du mât | 7.9 m |
| Longueur de pale | 68,5 m |
| Largeur maximale de pale | 4,5 m |
| Diamètre du rotor | 140 m |

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison, sur la commune de Foulain-Crenay :

| Nom | Lambert 93 (m) | | En m NGF/sol | En m NGF en bout de pale |
|-------|----------------|-----------|--------------|--------------------------|
| | X | Y | | |
| E1 | 860130 | 6772162 | 360 | 530 |
| E2 | 859812 | 6771750 | 377 | 547 |
| E3 | 859542.3 | 6771078.9 | 380 | 550 |
| E4 | 859466.8 | 6770610.2 | 380 | 550 |
| E5 | 859494 | 6770171.9 | 371 | 541 |
| E6 | 860593.2 | 6770284.4 | 370 | 540 |
| E7 | 860727.1 | 6769902.8 | 374 | 544 |
| E8 | 861091.8 | 6769655.1 | 365 | 535 |
| PDL 1 | 860112.6 | 6771245.8 | 376 | / |
| PDL 2 | 860108.3 | 6771234.6 | 376 | / |
| PDL 3 | 860273.4 | 6770743.7 | 349 | / |

Carte 1. Carte de situation



1.3 Caractéristiques de l'installation

1.3.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien

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

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ;
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien ») ;
- Un ou plusieurs poste(s) de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public) ;
- Un réseau de chemins d'accès aux éléments du parc ;
- Des moyens de communication permettant le contrôle et la supervision à distance du parc éolien ;
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

1.3.2 Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011(modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014) relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, les aérogénérateurs (ou éoliennes) sont définis comme un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- Le **rotor** qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- Le **mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
- La **nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
 - le système de freinage mécanique ;
 - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
 - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
 - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

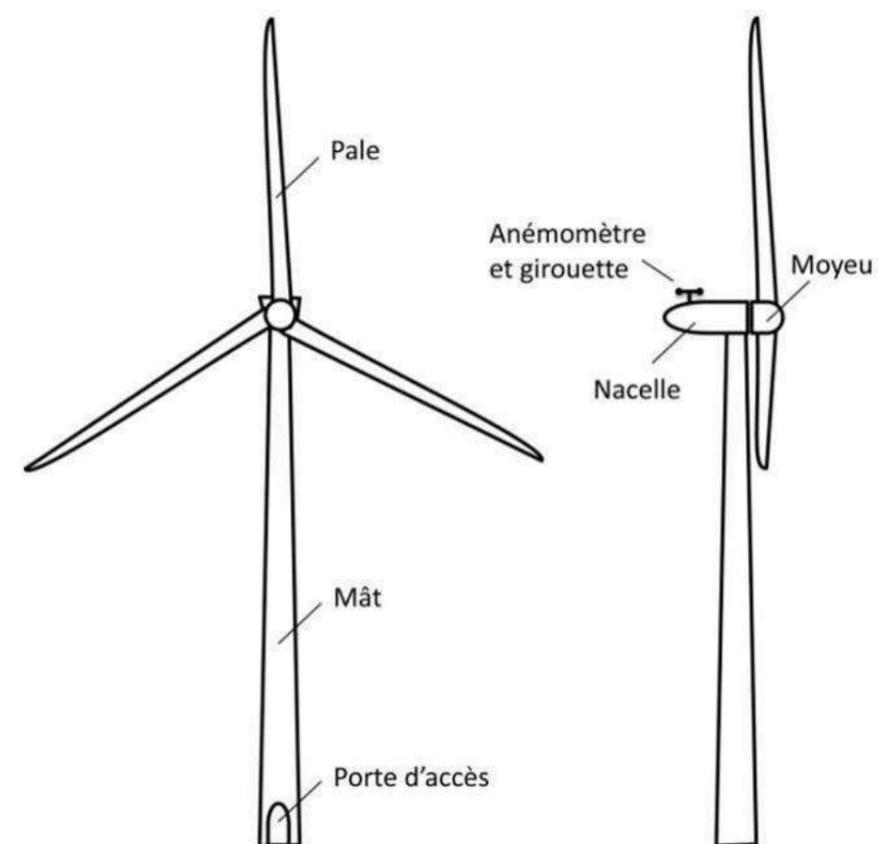


Figure 1. Schéma simplifié d'un aérogénérateur

1.3.3 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

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

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

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

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

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

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

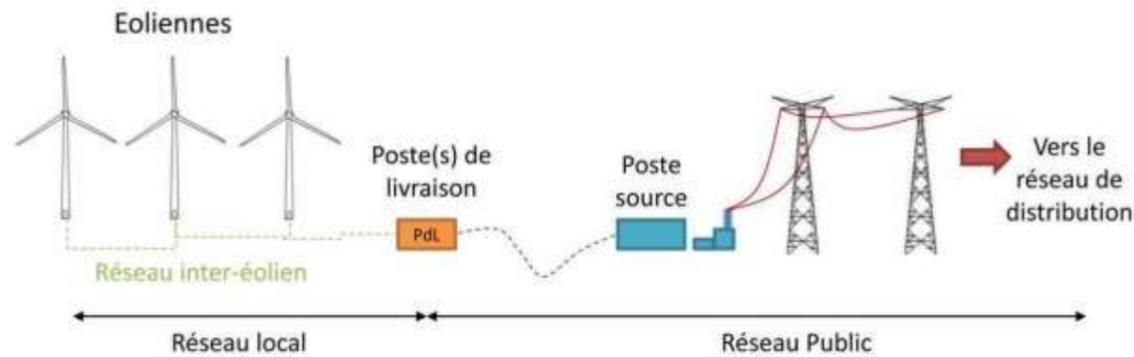


Figure 2. Raccordement électrique des installations

1.3.4 Emprise au sol

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

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

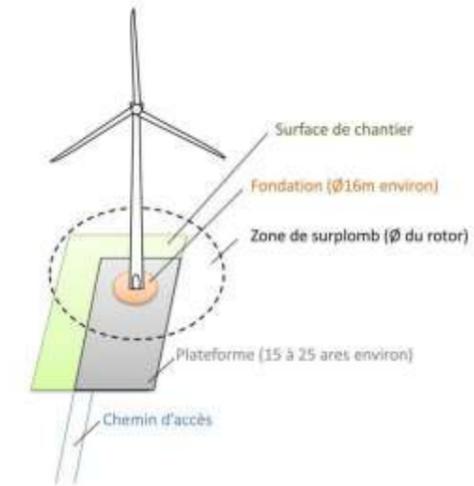


Figure 3. Illustration des emprises au sol d'une éolienne

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

1.3.5 Chemins d'accès

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

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

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

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

1.3.6 Autres installations

Aucune autre installation (parkings d'accès, aire d'accueil pour informer le public ...) n'est prévue pour ce projet.

1.4 Fonctionnement de l'installation

| Élément de l'installation | Fonction |
|---------------------------|--|
| Fondation | Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol |
| Mât | Supporter la nacelle et le rotor |
| 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 |
| Rotor / pales | Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice |
| Transformateur | Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau |
| Poste de livraison | Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public |
| Système de freinage | Oblige l'éolienne à ne plus fonctionner et oriente les pâles afin d'être parallèle au sens du vent |

1.5 Identification des dangers et analyse des risques associés

1.5.1 Les sources de dangers

Un parc éolien est soumis aux risques naturels par les dimensions imposantes de l'ouvrage mais également aux risques de défaillance d'équipements constituant l'éolienne.

Les risques naturels sont susceptibles de constituer des agresseurs potentiels et sont donc pris en compte dans l'analyse préliminaire des risques :

- Sismicité
- Mouvements de terrain (aléas glissement de terrain, cavités souterraines, Aléa retrait-gonflement des argiles)
- Foudre
- Vents violents
- Incendies de forêts et de cultures
- Inondations

Des ouvrages (voies de communications par exemple) ou des installations classées à proximité des aérogénérateurs, peuvent présenter également un risque externe.

Les dangers potentiels relatifs au fonctionnement des éoliennes 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 |
| | Protection des équipements destinés à la production électrique | Chute de nacelle | Energie cinétique de chute |
| Rotor | Transformation de l'énergie éolienne en énergie mécanique | Projection d'objets | Energie cinétique des objets |

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

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

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

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 de l'éolienne la plus proche |
|----------------------------------|--------------------------|---|--|-----------|--|
| Voies de circulation | Transport | Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules | Energie cinétique des véhicules et flux thermiques | 200 m | Pas de voie structurante (fréquentation supérieure à 2000 véhicules/jour) à moins de 500 m |
| Aérodrome | Transport aérien | Chute d'aéronef | Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique | 2000 m | Infrastructure au-delà du périmètre de 2000 m |
| Ligne THT | Transport d'électricité | Rupture de câble | Arc électrique, surtensions | 200 m | Infrastructure au-delà du périmètre de 500 m |
| Canalisation de transport de gaz | Transport de gaz | Rupture de la canalisation | Explosion | 200 m | Infrastructure au-delà du périmètre de 200 m |
| Autres aérogénérateurs | Production d'électricité | Accident générant des projections d'éléments | Energie cinétique des éléments projetés | 500 m | Infrastructure au-delà du périmètre de 500 m |

1.5.2 Les enjeux à protéger

Les enjeux dans le périmètre de 500 m autour des aérogénérateurs concernent des routes de circulation et les réseaux de transport d'énergie : chemins ruraux, une canalisation de transport de gaz, une ligne électrique.

Ces enjeux sont inclus dans l'analyse des risques d'une part et dans l'étude détaillée d'autre part.

1.5.3 Analyse des risques

1.5.3.1 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.

■ Cinétique

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

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

Dans le cadre d'une étude de dangers pour des aérogénérateurs, il est supposé, de manière prudente, que tous les accidents considérés ont une cinétique rapide.

■ Intensité

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

On constate que les 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 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 % |

Tableau 2. Correspondance entre l'intensité et le degré d'exposition

Source : Guide technique – Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens

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

■ 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.

| 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 » |

Tableau 3. Détermination des seuils de gravité en fonction du nombre équivalents de personnes présentes dans chacune des zones.

Source : Guide technique – Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens

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

Tableau 4. Classes de probabilité utilisées dans les études de dangers issues de l'Annexe I de l'arrêté du 29 septembre 2005

Source : Guide technique – Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens

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

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

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

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

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

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

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

- $P_{rotation}$ = probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment) ;
- $P_{atteinte}$ = probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation) ;
- $P_{présence}$ = 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 ($P_{accident}$) à la probabilité de l'événement redouté central (P_{ERC}) a été retenue.

1.5.3.2 Analyse du retour 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.

Les retours d'expérience de la filière éolienne française et internationale permettent d'identifier les principaux accidents suivants :

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

1.5.3.3 Analyse préliminaire des risques

Une analyse préliminaire des risques sous forme d'un tableau générique est réalisée permettant d'identifier de manière représentative les scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire :

- Scénarios relatifs aux risques liés à la glace ;
- Scénarios relatifs aux risques d'incendie ;
- Scénarios relatifs aux risques de fuites ;
- Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments ;
- Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales ;
- Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes.

L'analyse est réalisée de la manière suivante :

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

1.5.3.4 Mesures de maîtrise des risques

Afin de limiter les risques d'accidents ou d'incidents liés aux activités du parc éolien, les constructeurs d'aérogénérateurs ont prévus différentes mesures :

- **Systemes de sécurité contre la survitesse** (freins aérodynamiques passifs et actifs, surveillance de la rotation, détection de la vitesse du vent) ;
- **Systemes de sécurité contre le risque de vents forts** (coupure de l'éolienne en cas de détection de vents forts) ;
- **Systemes de sécurité contre le risque électrique** (organes de coupure électrique, isolement, mise à la terre) ;
- **Systemes contre l'échauffement des pièces mécaniques** (détecteurs de température, systèmes de refroidissement) ;
- **Systemes de sécurité contre le risque de foudre** (installation anti foudre comprenant un paratonnerre sur la nacelle et les pales) ;
- **Systemes de sécurité contre le risque d'incendie** (détection de fumée, de température, alarme du centre de contrôle et intervention des moyens de secours) ;
- **Systemes de sécurité contre le risque de fuite de liquides** (détecteur de niveau de liquide, rétention formée par la structure de l'éolienne) ;
- **Systemes de sécurité contre la formation du givre** (basés sur la détection et arrêt de l'éolienne, affichage du risque pour les promeneurs) ;
- **Systemes de sécurité contre le risque d'effondrement de l'éolienne** (conception des fondations basées sur des normes et de l'ingénierie, conception des éoliennes adaptée à la force du vent) ;
- **Systemes de sécurité contre le risque d'erreurs de maintenance** (formation du personnel, manuel de maintenance).

1.5.3.5 Conclusion de l'analyse préliminaire

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, trois catégories de scénarios sont exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité : incendie du poste de livraison, incendie de l'éolienne et infiltration de liquides dans le sol.

Les scénarios qui doivent faire l'objet d'une étude détaillée sont les suivants :

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

1.5.4 Etude détaillée des risques

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

1.5.4.1 Cotation de chaque scénario

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

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.

La cotation du risque est basée sur cette réglementation.

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) |
|---------|---|---|
| A | <i>Courant</i> Se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives. | $P > 10^{-2}$ |
| B | <i>Probable</i> S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations. | $10^{-3} < P \leq 10^{-2}$ |
| C | <i>Improbable</i> 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. | $10^{-4} < P \leq 10^{-3}$ |
| D | <i>Rare</i> S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité. | $10^{-5} < P \leq 10^{-4}$ |
| E | <i>Extrêmement rare</i> Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles. | $\leq 10^{-5}$ |

¹ Voir paragraphe 2.8.2.1

■ Tableau de synthèse de l'étude détaillée

| Scénario | Scénario | Zone d'effet | Cinétique | Intensité | Probabilité | Gravité |
|----------|-------------------------------|---|-----------|--------------------|---|-----------------------------------|
| S1 | Effondrement de l'éolienne | Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale Soit 170 m | Rapide | exposition forte | D (car éoliennes récentes) ¹ | Sérieux pour toutes les éoliennes |
| S2 | Chute de glace | Zone de survol Soit 70 m | Rapide | exposition modérée | A | Modéré pour toutes les éoliennes |
| S3 | Chute d'élément de l'éolienne | Zone de survol Soit 70 m | Rapide | exposition forte | C | Sérieux pour toutes les éoliennes |
| S4 | Projection | 500 m autour de l'éolienne | Rapide | exposition modérée | D (car éoliennes récentes) ² | Sérieux pour les autres éoliennes |
| S5 | Projection de glace | 1,5 x (H + D) autour de l'éolienne Soit 360 m | Rapide | exposition modérée | B | Modéré pour toutes les éoliennes |

- H est la hauteur du moyeu (H=100 m),
- D est le diamètre du rotor (D=140 m),

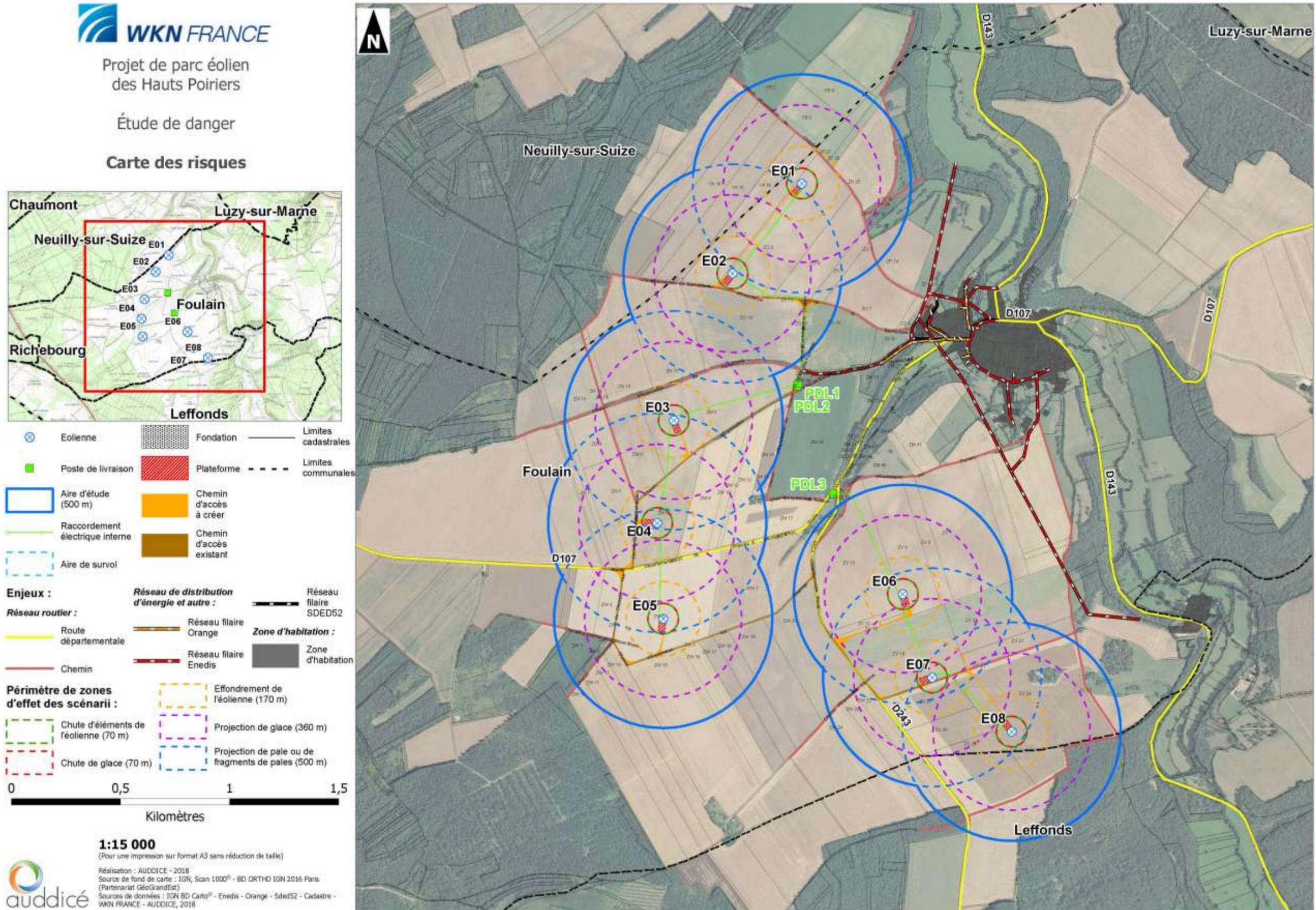
Il apparaît au regard de l'étude détaillée qu'aucun accident ne ressort comme inacceptable selon les règles de cotation de la probabilité, de la gravité et de l'utilisation de la matrice d'acceptabilité issue de la circulaire du 10 mai 2010.

1.5.4.2 Cartes des risques avec zones de risques et vulnérabilités identifiées.

Carte 2- Cartes des risques– p.15

² Voir paragraphe 2.8.2.4

Carte 2. Cartes des risques



1.6 Conclusion

Une analyse préliminaire des risques a été réalisée, basée d'une part sur l'accidentologie permettant d'identifier les accidents les plus courants et basée d'autre part sur une identification exhaustive des scénarios d'accidents.

Pour chaque scénario d'accident, l'étude a procédé à une analyse systématique des mesures de maîtrise des risques.

Cinq catégories de scénarios ressortent de l'analyse préliminaire et font l'objet d'une étude détaillée des risques :

- **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. Une cotation en intensité, probabilité, gravité et cinétique de ces événements ont permis de caractériser les risques pour toutes les séquences d'accidents.

Une recherche d'enjeux humains vulnérables a été réalisée dans chaque périmètre d'effet des cinq scénarii d'accident, permettant de repérer les interactions possibles entre les risques et les enjeux.

La cotation en gravité et probabilité pour chacune des éoliennes a permis de classer le risque de chaque scénario selon la grille de criticité employée et inspirée de la circulaire du 10 mai 2010.

Après analyse détaillée des risques, selon la méthodologie de la circulaire du 10 mai 2010, il apparaît qu'aucun scénario étudié ne ressort comme inacceptable.

L'exploitant a mis en œuvre des mesures adaptées pour maîtriser les risques :

- l'implantation permet d'assurer un éloignement suffisant des zones fréquentées,
- l'exploitant respecte les prescriptions générales de l'arrêté du 26 août 2011,
- les systèmes de sécurités des aérogénérateurs sont adaptés aux risques.

Les systèmes de sécurité des aérogénérateurs seront maintenus dans le temps et testés régulièrement en conformité avec la section 4 de l'arrêté du 26 août 2011.

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 actuelles.

CHAPITRE 2. ETUDES DE DANGERS

Etude réalisée par le bureau d'études AUDDICE ENVIRONNEMENT.

Aurélie COFFRAND : Chef de projet

Jean-Marie PLESSIS : Cartographe SIG

AUDDICE ENVIRONNEMENT EST
6 Place Sainte Croix
51 000 Châlons-en-Champagne
03 26 64 05 01

2.1 Préambule

2.1.1 Objectif de l'étude de dangers

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

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par un parc éolien. 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 des Hauts Poiriers, 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, 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.

Le parc éolien des Hauts Poiriers, est situé sur la commune de Foulain-Crenay.

2.1.2 Contexte législatif et réglementaire

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 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 scénarii 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 scénarii d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarii sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels. Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques 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 conforme à la méthodologie habituelle :

- 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 scénarii 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.

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 également le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

2.1.3 Nomenclature des installations classées

Un parc éolien est classé au titre de la loi relative aux installations classées pour la protection de l'environnement, selon la loi N°76-663 du 19 juillet 1976 modifiée dans le Code de l'Environnement (Art. L511-1).

Le décret n° 2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées inscrit les éoliennes terrestres au régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) par la rubrique suivante :

| Rubrique | Libellé de l'installation | Classement |
|----------|---|------------------|
| 2980 | Installation terrestre de production 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 : autorisation 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 : Autorisation b) inférieure à 20 MW : Déclaration | A : Autorisation |

Tableau 5. Rubrique des installations classées au titre des ICPE

Le parc éolien des Hauts Poiriers est soumis à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement (Cf. analyse effectuée dans le cahier n°3 Description de la Demande).

2.1.4 Document de référence, guide technique INERIS/SER FEE

Cette étude se base sur le guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » version de mai 2012, qui a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS et de professionnels du syndicat des énergies renouvelables (SER FEE). Dans la suite de l'étude, ce guide sera appelé « guide technique ».

« Il s'agit d'un document de type nouveau dans son approche, qui a pour vocation d'accompagner les différents acteurs de l'éolien (porteurs de projets, exploitants, services de l'Etat, associations, etc.) dans la démarche d'évaluation des risques potentiels liés à un parc éolien. Compte tenu de la technologie mise en œuvre dans les parcs éoliens, il apparaissait possible et souhaitable de traiter cette analyse de manière générique, afin de pouvoir transcrire les résultats présentés dans ce guide à l'ensemble des parcs éoliens installés en France.

Ainsi, ce guide est le reflet de l'état de l'art en matière de maîtrise des risques technologiques pour les parcs éoliens, en l'état actuel des connaissances des experts ayant participé à son élaboration. Si d'autres techniques ou méthodes apparaissaient à l'avenir, elles seraient étudiées en détail et intégrées à l'analyse menée dans ce guide. »

Ainsi dans le cadre de cette étude, de nombreux paragraphes génériques ont été repris directement du guide.

2.2 Informations générales concernant l'installation

2.2.1 Renseignements administratifs

Le porteur du projet est la SAS Parc Eolien des Hauts Poiriers.

| Demandeur | Parc éolien des Hauts Poiriers |
|----------------------|---|
| Forme juridique | SAS Société par Actions Simplifiée |
| Capital social | 100,00 Euros |
| Siège social | 10 rue Charles Brunellière – Immeuble Le Sanitat, 44100 NANTES |
| Président | M. Roland STANZE |
| Directeur général | Serge GALAUP |
| Activité | Toutes activités se rapportant au développement, à la construction et à l'exploitation d'un parc éolien |
| Registre du Commerce | Nantes |
| N° SIREN | 829 544 881 |
| Code NAF | 3511 Z |
| Dossier suivi par : | Monsieur Julien COCHARD, Chef de projet |

2.2.2 Localisation du site

Le parc éolien des Hauts Poiriers sera composé de 8 aérogénérateurs et 3 postes de livraison, localisés sur la commune de Foulain-Crenay (52).

Cette commune se situe à huit kilomètres au sud de Chaumont (52) et à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest de Langres (52). La localisation du site est visible sur la carte en page suivante.

Carte 3 - Carte de situation – p.20

2.2.3 Définition de l'aire d'étude

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

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

La zone d'étude n'intègre pas les environs des postes de livraison, qui seront néanmoins représentés sur la carte. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur des postes de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

La zone d'étude (périmètre de 500 m autour des éoliennes) se situe sur les communes suivantes :

- Foulain-Crenay ;
- Neuilly-sur-Suize ;
- Leffonds.

Carte 3. Carte de situation

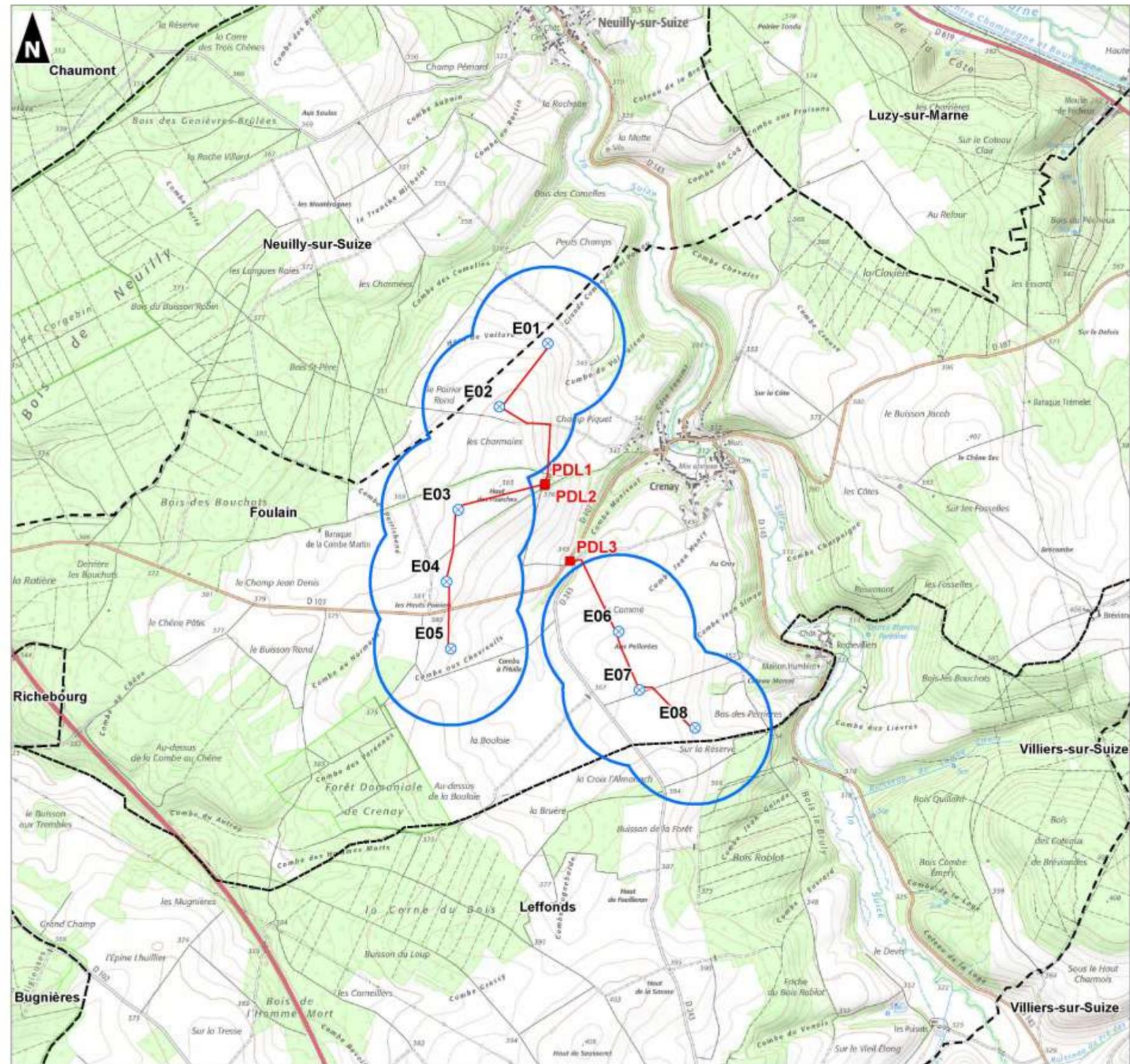


- Eolienne en projet
- Poste de livraison
- Raccordement électrique interne
- Aire d'étude (500 m)
- Limites communales



1:25 000
 (Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

Réalisation : AUDDICE - 2018
 Source de fond de carte : IGN, Scan 25⁰, Scan 1000⁰
 Sources de données : IGN BD Cartho - WKN FRANCE - AUDDICE, 2018



2.3 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).

2.3.1 Environnement humain

2.3.1.1 Zones urbanisées et urbanisables

Une description (nombre d'habitants, etc.) des communes proches du parc éolien est réalisée dans l'étude d'impact chapitre « Volet Milieu Humain, cadre de vie, sécurité et santé publique ».

Les communes du secteur d'étude : Foulain-Crenay, Neuilly-sur-Suize et Leffonds se situent en région Grand Est dans le département de la Haute-Marne.

■ Zones urbanisées

Le parc éolien se situe sur des terres agricoles en zone rurale. Les habitations et les zones destinées à l'habitation les plus proches sont situées à plus de 500 m des éoliennes.

Les habitations les plus proches sont :

- Le village de Crenay (commune de Foulain-Crenay) à 810m de l'éolienne E01 ;
- Le village de Rochevilliers (commune de Leffonds) à 850m de l'éolienne E08.

■ Zones urbanisables

Les zones urbanisables de Foulain-Crenay sont situées à plus de 800m des aérogénérateurs.

L'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de 500 m de toute habitation et zone urbanisable telle que le définissent les documents d'urbanisme.

2.3.1.2 Etablissements recevant du public (ERP)

Aucun ERP n'est présent dans la zone d'étude de 500m.

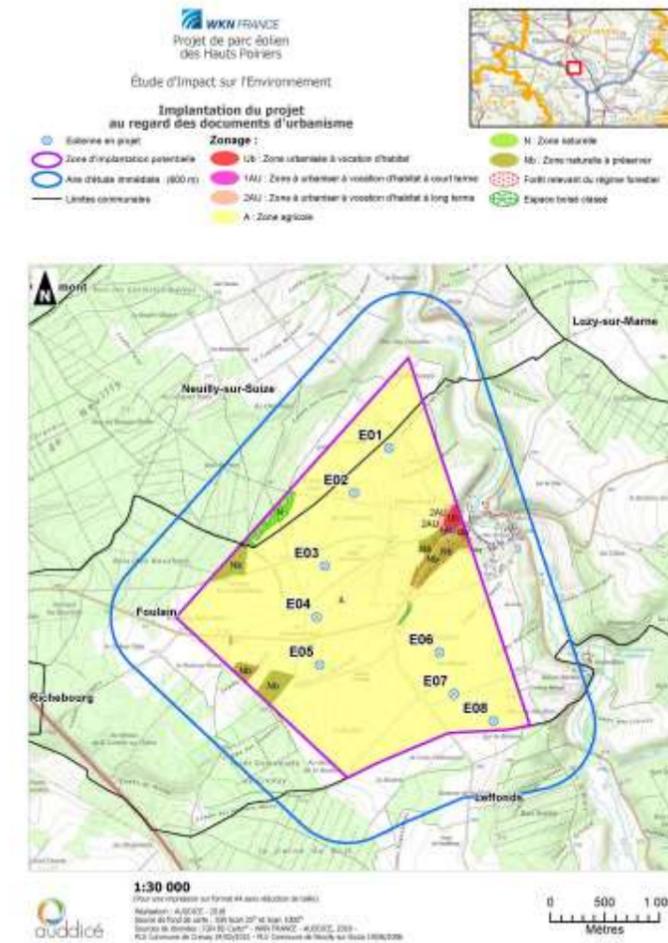
2.3.1.3 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base

Il n'y a pas d'établissements classés, ni d'installations SEVESO, ni d'installations nucléaires de base dans le périmètre réglementaire de 300 m autour des éoliennes conformément à l'arrêté du 26/08/11.

On note la présence du parc éolien de Biesles, installation classée pour la protection de l'environnement, située à 12 km du projet.

2.3.1.4 Autres activités

Aucune activité industrielle, commerciale ou de loisirs ne sont présentes dans l'aire d'étude de 500m.



2.3.2 Environnement naturel

2.3.2.1 Contexte climatique

La Haute-Marne est soumise à un climat océanique très altéré, avec des influences continentales sensibles, notamment en période hivernale. Ce climat se caractérise par des hivers longs et froids et des étés chauds et orageux. La répartition moyenne des précipitations en cours d'année est relativement homogène.

La station météorologique météo-France de Langres (située à 30 km au sud-est) indique :

- 81 jours avec gelées,
- 85,8 jours de brouillard,
- 20,5 jours d'orage,
- 33,4 jours de neige,
- 130 jours de pluie (précipitations > 1 mm)
- 69,4 jours de vents forts (rafales > 16 m/s).

2.3.2.2 Potentiel éolien

D'après le Schéma Régional Eolien, le projet se trouve dans une zone où les mesures de vents sont estimées à moins de 5 m/s à 50 m de hauteur.

Les vents dominants soufflent de l'Ouest-Sud-ouest et de l'Ouest. La vitesse moyenne mesurée est de 5,9 m/s à 100 m de hauteur.

2.3.2.3 Risques naturels

Les risques naturels ont été étudiés dans la cadre de l'étude d'impact (Cf. Cahier 5a1 - Etude d'impacts).

■ Risque sismique

Le parc est localisé en zone de sismicité 1 c'est-à-dire de sismicité très faible.

■ Risque de mouvement de terrain

L'implantation n'est pas concernée par un aléa « retrait - gonflement des argiles ».

■ Inondations

La ZIP est majoritairement située en zone de sensibilité faible à très faible à l'exception d'un secteur à forte sensibilité. Les éoliennes sont toutefois implantées en zone de sensibilité faible à très faible.

■ Risque foudre

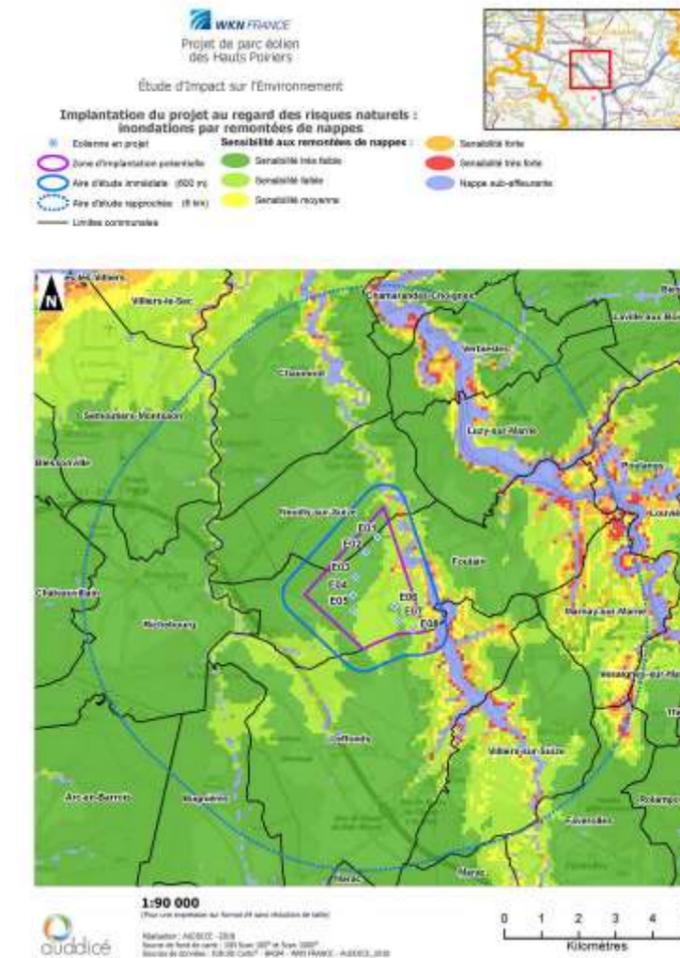
La densité de foudroiement dans les communes du département de la Marne est de 1 coup/km²/an (moyenne nationale : 1,2). Bien que la densité de foudroiement soit inférieure à la moyenne, un parc éolien est particulièrement concerné par le risque par la hauteur des aérogénérateurs.

Les aérogénérateurs sont conçus actuellement de manière à supporter la foudre par un circuit de terre relié aux pales, à la nacelle et aux fondations.

■ Risque tempête

En France, ce sont en moyenne chaque année quinze tempêtes qui affectent nos côtes, dont une à deux peuvent être qualifiées de « fortes » selon les critères utilisés par Météo-France. Bien que le risque tempête intéresse plus spécialement le quart nord-ouest du territoire métropolitain et la façade atlantique dans sa totalité, les tempêtes survenues en décembre 1999 ont souligné qu'aucune partie du territoire n'est à l'abri du phénomène.

Toutes les communes du secteur sont concernées par l'arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle suite à la tempête de 1999.



■ Risque feux de forêts

Le parc éolien se situe en zone agricole. Quelques boisements sont situés de part et d'autre du parc éolien au-delà de 170 m.

2.3.3 Environnement matériel

2.3.3.1 Voies de communication

■ Transport routier

Quelques chemins agricoles traversent le périmètre de 500 m.

Les principaux axes de communication à proximité du projet sont les suivants :

- La route départementale D107 qui traverse d'est en ouest la zone d'implantation potentielle. Un comptage routier réalisé en 2011 indique une fréquentation totale d'environ 370 véhicules/jour.
- La route départementale D243 traverse la zone d'implantation potentielle sur sa partie est selon un axe nord/sud. Un comptage routier réalisé en 2013 indique une fréquentation totale d'environ 270 véhicules/jour.

- La route départementale D143 à l'est de la zone potentielle d'implantation. Un comptage routier réalisé en 2013 indique une fréquentation totale d'environ 400 véhicules/jour en sortie de village de Crenay et une fréquentation totale d'environ 800 véhicules/jour dont 26 poids lourds en entrée de village.
- L'autoroute A5, à l'ouest de la zone potentielle d'implantation.

Carte 4-Carte des enjeux– p.24

Aucune des voies traversant le parc (D107 et D243) n'est structurante au sens où leur fréquentation est inférieure à 2000 véhicules/jour.

■ Transport ferroviaire

Aucune infrastructure ferroviaire n'est présente dans le secteur d'étude.

■ Transport fluvial

Aucune voie navigable ne se situe dans le secteur d'étude.

■ Transport aérien

• Aviation civile

Bien que le secteur d'étude soit situé dans le périmètre de protection de 15 km autour d'une radiobalise VOR, la consultation des services de la Direction générale de l'aviation civile (DGAC) a permis d'obtenir une réponse favorable à la dernière implantation soumise.

Cf. Cahier n°7 – Avis conformes

■ Aviation militaire

Selon les données issues du Schéma Régional Eolien de 2012, la ZIP du parc éolien des Hauts Poiriers est située sous la « zone de vol drone » : voir la Carte 36 ci-après.

Cette zone est identifiée dans la carte du SRE, mais n'est pas mentionnée dans la description de ces servitudes.

Les services en charge de ces servitudes au sein de l'Armée de l'Air ont été sollicités sur cette ZIP, au travers de leur formulaire adapté.

■ Randonnées pédestres

Aucun chemin de randonnée GR ou de chemin recensé dans un PDIPR ne traverse le parc éolien.

2.3.3.2 Réseaux publics et privés

Aucune infrastructure (conduite gaz, distribution eau et électricité) n'est présente dans le secteur d'étude.

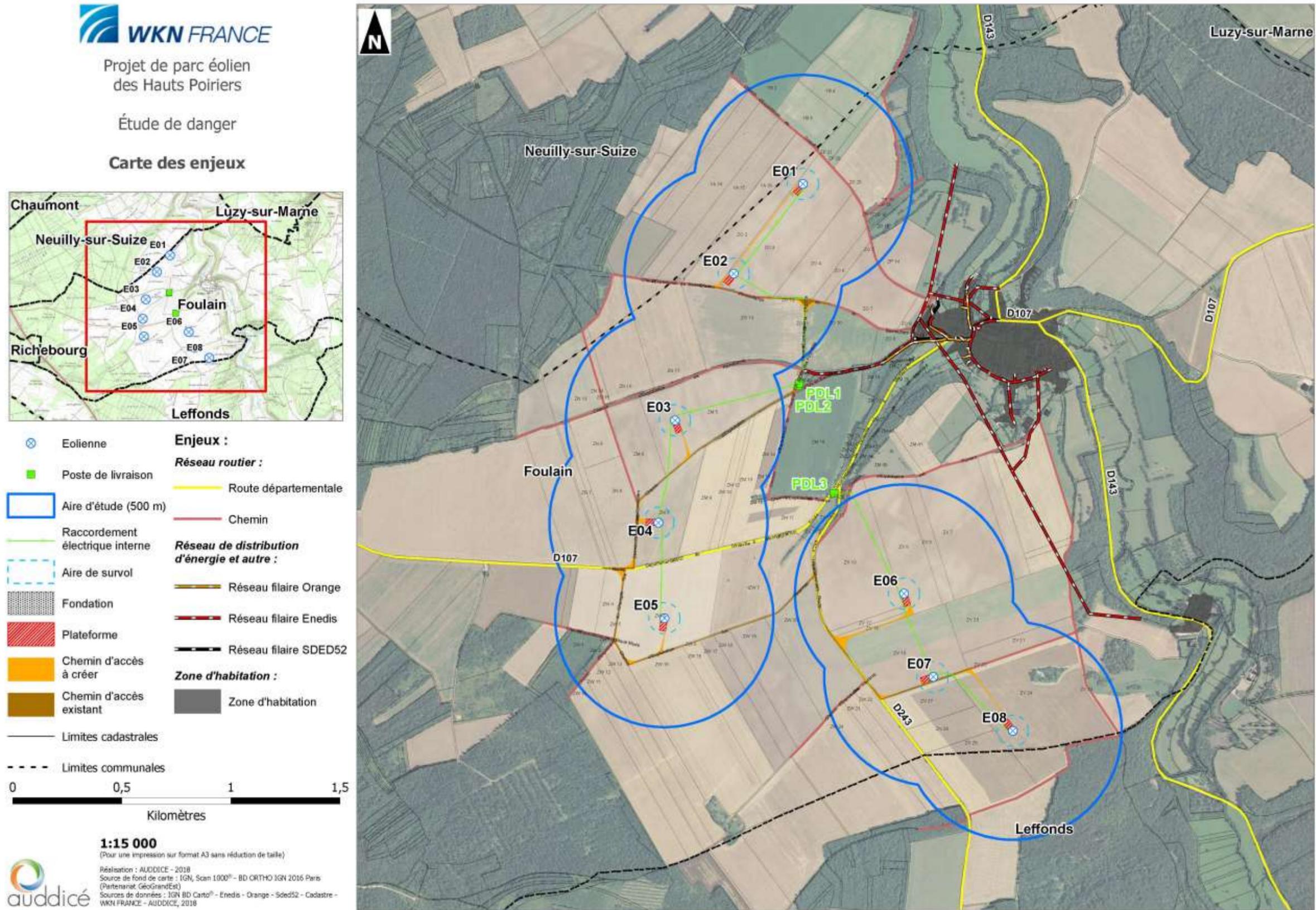
2.3.3.3 Autres ouvrages publics

Aucun ouvrage (barrages, digues, château d'eau, bassin de rétention...) n'est présent sur la zone d'étude.

2.3.4 Cartographie de synthèse

Les différents enjeux identifiés précédemment apparaissent sur la carte des enjeux.

Carte 4. Carte des enjeux



2.4 Description de l'installation

2.4.1 Caractéristiques de l'installation

2.4.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien

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

- plusieurs aérogénérateurs, dit « éoliennes » ;
- un réseau électrique inter-éolien ;
- d'un ou plusieurs postes de livraison électriques, par lesquels passe l'électricité produite par le parc avant d'être livrée sur le réseau public d'électricité ;
- d'un ensemble de chemins d'accès aux éléments du parc ;
- de moyens de mesures du vent ;
- de moyens de communication permettant le contrôle et la supervision à distance du parc éolien.

■ Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- Le **rotor** qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- Le **mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
- La **nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
 - le système de freinage mécanique ;
 - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
 - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
 - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

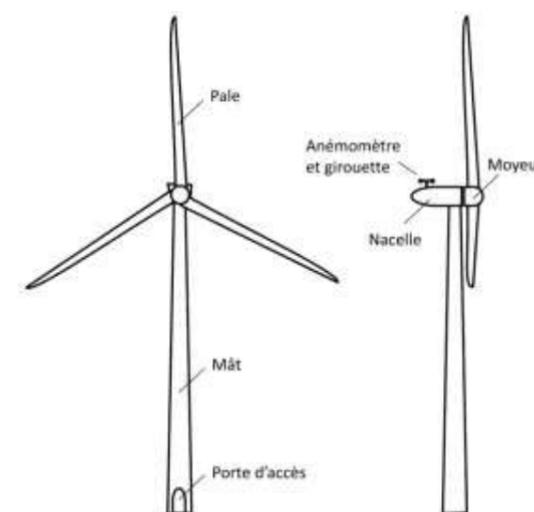


Figure 4. Schéma simplifié d'un aérogénérateur

■ Emprise au sol

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

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

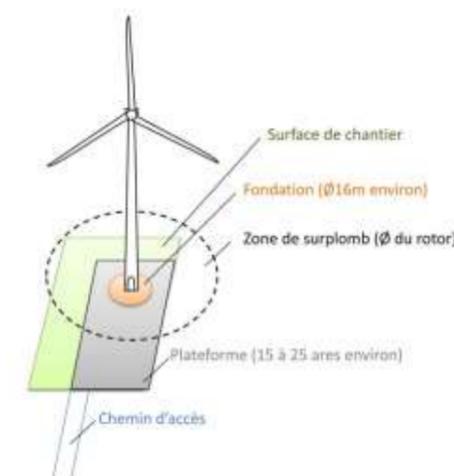


Figure 5. Illustration des emprises au sol d'une éolienne

■ Chemins d'accès

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

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

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

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

2.4.1.2 Activité de l'installation

L'activité principale du **parc éolien des Hauts Poiriers** est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent.

2.4.1.3 Composition de l'installation

Le type d'aérogénérateur n'étant pas encore retenu (il sera choisi après délivrance des autorisations administratives nécessaires), l'étude de dangers a été réalisée de manière à se placer dans les conditions les plus impactantes.

Le porteur du projet se laisse le choix d'un modèle de machine mais souhaite que son gabarit maximum en bout de pale atteigne 170 m avec un rotor maximum de 140 m.

Pour les premières versions du projet, c'est le modèle de l'éolienne Gamesa G132 qui a été retenu. Toutefois ce modèle ne couvre pas les mesures présentées ci-dessus (170 m en bout de pale pour un rotor de 140 m de diamètre). Un autre modèle d'éolienne a été envisagé, une Senvion de 180 m de hauteur totale, mais la hauteur totale de 180 m n'est pas envisagée sur ce projet. Aucun des deux modèles présentés ci-dessous ne représente le gabarit maximisant souhaité.

| Caractéristiques | GABARIT THEORIQUE | GAMESA G132 | SENVION 3.6M |
|--------------------------------|-------------------|-------------|--------------|
| Puissance nominale | 3,9 MW | 3.465 MW | 3.6 M |
| Hauteur du moyeu | 100 m | 101.5 m | 110 m |
| Diamètre de rotor | 140 m | 132 m | 140 m |
| Pales | 68,5 m | 64,5 m | 68,5 |
| Hauteur totale en bout de pale | 170 m | 167,5 m | 180 m |

Tableau 6. Caractéristiques techniques des éoliennes

Afin de ne pas minimiser l'intensité des phénomènes analysés dans cette étude (effondrement, chute de glace, chute d'éléments, projection de pale ou de morceau de pale et projection de glace), cette intensité a été évaluée à partir des degrés d'exposition calculés pour les trois types d'éoliennes.

| Scénario | Modèle d'éolienne | | |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| | GABARIT THEORIQUE | SENVION 3.6M | GAMESA G132 |
| Effondrement | Exposition forte | Exposition forte | Exposition forte |
| Chute de glace | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée |
| Chute d'éléments | Exposition forte | Exposition modérée | Exposition forte |
| Projection de pale ou de morceau de pale | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée |
| Projection de glace | Exposition modérée | Exposition modérée | Exposition modérée |

Tableau 7. Intensité des phénomènes selon le modèle d'éolienne

Afin de ne pas risquer de sous-évaluer les dangers de l'installation, il a été choisi de définir un gabarit théorique dont les paramètres ont été choisis parmi les plus grandes valeurs des modèles éligibles pour le projet. Les dimensions maximalistes du gabarit théorique permettent d'analyser les risques de manière majorante.

Notons toutefois que pour rester réaliste, le mât est défini à une hauteur de 100 m, comme vu dans le Tableau 7, cette caractéristique ne minimise l'intensité des phénomènes.

Le gabarit maximaliste retenu pour cette étude est :

| | |
|---------------------------|---------------|
| Puissance nominale | 3,9 MW |
| Hauteur du moyeu | 100 m |
| Hauteur en bout de pale | 170 m |
| Largeur à la base du mât | 7.9 m |
| Longueur de pale | 68,5 m |
| Largeur maximale de pale | 4,5 m |
| Diamètre du rotor | 140 m |

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison, sur la commune de Foulain-Crenay :

| Nom | Lambert 93 (m) | | En m NGF/sol | En m NGF en bout de pale |
|-------|----------------|-----------|--------------|--------------------------|
| | X | Y | | |
| E1 | 860130 | 6772162 | 360 | 530 |
| E2 | 859812 | 6771750 | 377 | 547 |
| E3 | 859542.3 | 6771078.9 | 380 | 550 |
| E4 | 859466.8 | 6770610.2 | 380 | 550 |
| E5 | 859494 | 6770171.9 | 371 | 541 |
| E6 | 860593.2 | 6770284.4 | 370 | 540 |
| E7 | 860727.1 | 6769902.8 | 374 | 544 |
| E8 | 861091.8 | 6769655.1 | 365 | 535 |
| PDL 1 | 860112.6 | 6771245.8 | 376 | / |
| PDL 2 | 860108.3 | 6771234.6 | 376 | / |
| PDL 3 | 860273.4 | 6770743.7 | 349 | / |

Les différents aérogénérateurs, le poste de livraison, les plateformes, les chemins d'accès et les réseaux enterrés sont représentés sur les plans réglementaires

(cf Dossier de demande d'autorisation environnementale, Cahier n°4 - Plans réglementaires).

2.4.2 Fonctionnement de l'installation

2.4.2.1 Principe général du fonctionnement d'un aérogénérateur

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne.

Grâce aux informations transmises par la girouette qui détermine la direction du vent, le rotor se positionnera pour être continuellement face au vent.

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

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint une certaine vitesse de vent à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « 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 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint une vitesse de plus de 90 km/h (variable selon le type d'éolienne), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

2.4.2.2 Sécurité de l'installation (prescriptions relatives à l'arrêté du 26 août 2011)

■ Dispositions constructives

Les chemins d'accès aux aérogénérateurs et plateformes de stockage seront maintenus et entretenus par l'exploitant selon les termes de l'article 7 de l'arrêté du 26 août 2011.

Le maître d'Ouvrage s'engage à choisir un modèle d'aérogénérateur qui respectera les articles 8 à 11 de l'arrêté du 26 août 2011 :

- L'aérogénérateur sera conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union Européenne, à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011. L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

- En outre l'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation.
- L'installation sera mise à la terre. Les aérogénérateurs respecteront les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.
- Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respecteront les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur seront conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009).
- Le balisage de l'installation sera 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.

■ Exploitation

Après la mise en service, l'exploitant prendra soin de respecter les articles 13 et 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatifs à la sécurité pendant la phase d'exploitation :

- Les personnes étrangères à l'installation n'auront 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 seront maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.
- Les prescriptions à observer par les tiers seront affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :
 - les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;
 - l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;
 - la mise en garde face aux risques d'électrocution ;
 - la mise en garde face au risque de chute de glace.

■ Limitation des risques

Afin d'appréhender au mieux les risques et de limiter leurs effets au maximum, l'exploitant respectera les articles 22 à 25 de l'arrêté du 26 août 2011 :

- Des consignes de sécurité seront établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiqueront :
 - les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ;
 - les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt ;
 - les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;
 - les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours.

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

- Chaque aérogénérateur sera doté d'un système de détection qui permettra 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 sera 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 dressera la liste de ces détecteurs avec leur fonctionnalité et déterminera les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps.

- Chaque aérogénérateur sera doté de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, notamment :
 - d'un système d'alarme qui pourra être couplé avec le dispositif mentionné précédemment et qui informera l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. Ce dernier sera en mesure de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées ci-dessus 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 seront positionnés de façons bien visibles et facilement accessibles. Les agents d'extinction seront appropriés aux risques à combattre.
- Chaque aérogénérateur sera équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur sera mis à l'arrêt dans un délai maximal de soixante minutes. L'exploitant définira une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales.

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

■ Organisation des secours

En cas d'alarme sur une éolienne, une information est envoyée au centre de supervision qui peut contacter les secours.

L'exploitant déterminera un plan d'intervention en accord avec les services départementaux de secours au moment où le projet sera bien avancé et que les autorisations administratives seront obtenues.

Régulièrement, l'exploitant organisera avec les services de secours des exercices communs sur le parc éolien afin de coordonner les actions et les rendre le plus efficace possible.

Le SDIS n'a pas formulé à ce stade de préconisation(s) sur le projet mais à la suite des échanges sur site et des exercices, d'autres mesures pourront être prises au besoin.

2.4.2.3 Opérations de maintenance de l'installation

En ce qui concerne la maintenance (préventive et curative), la société d'exploitation fera appel à des sous-traitants qualifiés dans leur domaine (maintenancier des éoliennes, etc..). Les premières années de mise en service du site, les installations seront sous « garantie constructeur ».

Le programme préventif de maintenance s'étale sur trois niveaux :

- type 1 : vérification après 500 à 1500 heures de fonctionnement (contrôle visuel du mât, des fixations fondation/tour, tour/nacelle, rotor...et test du système de déclenchement de la mise en sécurité de l'éolienne),
- type 3 : vérification annuelle des matériaux (soudures, corrosions), des équipements mécaniques et hydrauliques, de l'électrotechnique et des éléments de raccordement électrique,
- type 4 : vérification quinquennale de forte ampleur pouvant inclure le remplacement de pièces.

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

En cas de déviance sur la production ou d'avaries techniques, une équipe de maintenance interviendra sur le site.

Ainsi l'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées en matière d'exploitation.

| Type de Maintenance | Composants | Opération |
|---|--|---|
| Maintenance type 1 : Réalisée suite à la mise en service, entre 500 et 1500 heures de fonctionnement | Pâles | Nettoyage intérieur des pâles |
| | | Inspection des tous les écrous des pâles pour vérification du couple de serrage |
| | | Inspection des écrous du rotor |
| | Girouette | Inspection des écrous |
| | | Protection contre la corrosion |
| | Moyeu | Inspection des écrous |
| | | Inspection du câblage |
| | Système de gestion de l'inclinaison des pâles (pitch control) | Inspection des prises de connexion |
| | | Vérification des éléments élastomères du pitch et des batteries |
| | | Inspection des roues dentées |
| | | Vérification de la lubrification des pinions |
| | Charpente machine | Changement de l'huile de la boîte de vitesse du système de gestion du pitch |
| | | Inspection des écrous |
| | | Vérification de la limite de rotation du système |
| | Yaw (système de rotation de la nacelle autour de l'axe vertical) | Vérification de la lubrification des pinions |
| | | Protection contre la corrosion |
| | | Changement de l'huile de la boîte de vitesse du système |
| | | Vérification des freins du système pour recherche de fuite |
| | | Vérification de l'usure et nettoyage des disques de frein |
| | Coffret du Yaw | Inspection des écrous |
| Inspection des connexions électriques | | |
| Boîte de vitesse | Vérification du niveau d'huile | |
| | Prélèvement d'un échantillon d'huile pour analyse | |

| Type de Maintenance | Composants | Opération |
|---------------------------------|---|--|
| | | Vérification du système de refroidissement de l'huile |
| | | Remplacement du filtre à huile |
| | | Vérification des capteurs |
| | Système de freinage des pâles | Vérification du disque de freinage pour désaxage |
| | | Nettoyage des freins |
| | | Protection contre la corrosion |
| | Génératrice | Vérification du système de lubrification automatique |
| | | Vérification de l'alignement de la génératrice |
| | | Vérification des connexions des câbles de puissance |
| | Système de refroidissement de la génératrice | Protection contre la corrosion |
| | | Vérification de la pression dans le système de refroidissement |
| | Système hydraulique | Prélèvement d'un échantillon d'huile pour analyse |
| | | Remplacement du filtre haute pression |
| | | Remplacement du filtre de retour |
| | | Vérification du niveau d'huile |
| | | Tests de fuites |
| | Transformateur | Protection contre la corrosion |
| | | Inspection des écrous du coffret |
| | | Inspection des connexions électriques |
| | Nacelle | Inspection visuelle de l'extérieur |
| Vérification des lumières | | |
| Toit | Test d'allumage d'urgence des lumières | |
| | Inspection de l'échangeur thermique | |
| | Vérification du système de mesure du vent | |
| Mât | Vérification des capteurs de glace | |
| | Vérification de l'échelle | |
| | Vérification de l'ascenseur de service | |
| Intérieur mât | Vérification de la porte | |
| | Vider le réservoir de condensation | |
| | Inspection des câbles de puissance | |
| Refroidisseur du transformateur | Réalisation d'un test fonctionnel de coupure de circuit avec le bouton test | |
| | Vérification de l'échangeur thermique | |

Tableau 8. Maintenance type1

| Type de Maintenance | Composants | Opération |
|---|--|--|
| Maintenance type 3 : Maintenance Annuelle Principale | Système de gestion de l'inclinaison des pâles (pitch control) | Inspection fonctionnelle des échangeurs de chaleur |
| | | Vérification des paramètres du transformateur |
| | | Vérification du niveau d'huile de la boîte de vitesse |
| | | Relevé de la consommation en lubrifiant du système |
| | | Maintenance du système de lubrification automatique et changement des collecteurs de graisse |
| | Charpente machine | Vider le collecteur de graisse |
| | Yaw (système de rotation de la nacelle autour de l'axe vertical) | Test de la limite de rotation du système |
| | | Vérification du niveau d'huile dans la boîte de vitesse |
| | Coffret du Yaw | Réalisation d'un test fonctionnel du système de climatisation et des ventilateurs de chauffage |
| | Système de freinage des pâles | Vérification des capteurs de freinage |
| | Génératrice | Vider les collecteurs de graisse |
| | | Remplacer les filtres à air de la génératrice |
| | Transformateur | Réalisation d'un test fonctionnel des ventilateurs de chauffage |
| | | Remplacer les filtres à air |
| | Toit | Réaliser un test fonctionnel des signaux lumineux |
| Mât | Inspection visuelle de l'extérieur | |
| | Vérification de la corrosion et des déformations | |
| Intérieur mât | Réalisation d'un test fonctionnel du système de climatisation et des ventilateurs de chauffage | |
| | Refroidisseur du transformateur | Vérification de la densité du liquide de refroidissement Vérification de la pression avant charge dans le réservoir d'expansion |

Tableau 9. Maintenance type3

| Type de Maintenance | Composants | Opération |
|---|--|---|
| Maintenance type 4 : Maintenance après 5 ans | Système de gestion de l'inclinaison des pâles (pitch control) | Changement des ventilateurs des transformateurs |
| | | Vérifier et si nécessaire changer les freins moteurs du système |
| | Charpente machine | Remplacer les joints V-rings de l'arbre |
| | Yaw (système de rotation de la nacelle autour de l'axe vertical) | Remplacer les freins moteurs du système |
| | | Mesurer la résistance d'isolation à 20°C pour un courant de 1000 V DC |
| | Génératrice | Réaliser un test des conducteurs PE |
| | Système de refroidissement de la génératrice | Changement du liquide de refroidissement |

| | | |
|--|---------------------------------|---|
| | Système hydraulique | Remplacer les tuyaux destinés au transport des huiles |
| | Refroidisseur du transformateur | Changement du liquide de refroidissement |

Tableau 10.

ance type 4

Mainten

2.4.2.4 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.

2.5 Identification des potentiels de dangers de l'installation

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

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

2.5.1 Potentiels de dangers liés aux produits

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

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

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 poste de livraison.

2.5.1.1 Inventaire des produits

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

- L'huile hydraulique ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur ;
- L'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entrainements ;
- L'hexafluorure de soufre (SF6), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique.

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).

2.5.1.2 Dangers des produits

■ Inflammabilité et comportement vis à vis de l'incendie

Les huiles, les graisses et l'eau glycolée ne sont pas des produits inflammables. Ce sont néanmoins des produits combustibles qui sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud intense peuvent développer et entretenir un incendie. Dans les incendies d'éoliennes, ces produits sont souvent impliqués.

Certains produits de maintenance peuvent être inflammables mais ils ne sont amenés dans l'éolienne que pour les interventions et sont repris en fin d'opération.

Le SF6 est pour sa part ininflammable.

■ Toxicité pour l'homme

Ces divers produits ne présentent pas de caractère de toxicité pour l'homme. Ils ne sont pas non plus considérés comme corrosifs.

■ Dangérosité pour l'environnement

Vis-à-vis de l'environnement, le SF6 possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont limitées.

Les huiles et graisses, même si elles ne sont pas classées comme dangereuses pour l'environnement, peuvent en cas de déversement au sol ou dans les eaux entraîner une pollution en hydrocarbures du milieu.

En conclusion, il ressort que les produits présentent des dangers en cas d'incendie ou s'ils sont déversés dans l'environnement générant un risque de pollution des sols ou des eaux.

2.5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien 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 ;
- Court-circuit 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 |
| | Protection des équipements destinés à la production électrique | Chute de nacelle | Energie cinétique de chute |
| Rotor | Transformation de l'énergie éolienne en énergie mécanique | Projection d'objets | Energie cinétique des objets |

Tableau 11. Dangers potentiels d'une éolienne

2.5.3 Réduction des potentiels de dangers à la source

2.5.3.1 Principales actions préventives

Les principaux choix qui ont été effectués par le porteur de projet au cours de sa conception permettent de réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation :

- Des mesures de vents ont été effectuées en amont du projet permettant une prévision des conditions climatiques. Le choix de la machine sera adapté à ces conditions.
- Lors de la démarche de conception du projet, le porteur du projet a étudié plusieurs scénarii d'implantation afin de déterminer celui qui minimise les impacts vis-à-vis des intérêts mentionnés par l'article L511-1 du code de l'environnement. (Cf. Cahier n°5a1 : Etude d'impact : § Analyse des variantes)

Le respect des prescriptions générales de l'arrêté du 26/08/11 impose au projet :

- Un éloignement des aérogénérateurs de 500 m des habitations,
- Un choix d'aérogénérateurs respectant des normes de sécurité et disposant d'équipements de prévention des risques,
- La réalisation obligatoire d'un contrôle technique des ouvrages.

2.5.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

Pour l'essentiel, la directive IPPC vise à minimiser la pollution émanant de différentes sources industrielles dans toute l'Union Européenne. Les exploitants des installations industrielles relevant de l'annexe I de la directive IPPC doivent obtenir des autorités des 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.

2.6 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 spécialisée, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail de l'information.

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

2.6.1 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. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne et a été effectué en mars 2012 et complété par les données disponibles de la base de données ARIA (consultation en décembre 2019).

Annexe 1 : Annexe au guide technique, inventaire de l'accidentologie réalisé en mars 2012 par le groupe de travail INERIS/SER FEE + complément à l'accidentologie mis à jour jusque fin 2019

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.

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.

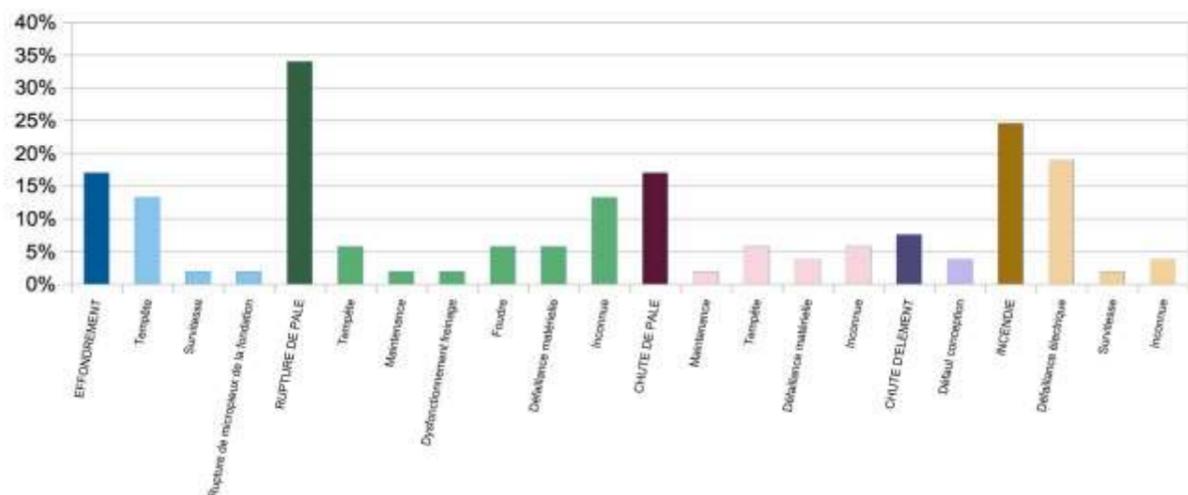
Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de INERIS/SER FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012. Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné. Il est complété, en 2019, par 47 incidents supplémentaires enregistrés en France entre 2012 et fin 2019.

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 2019. 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'aérogénérateurs français entre 2000 et 2018



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.

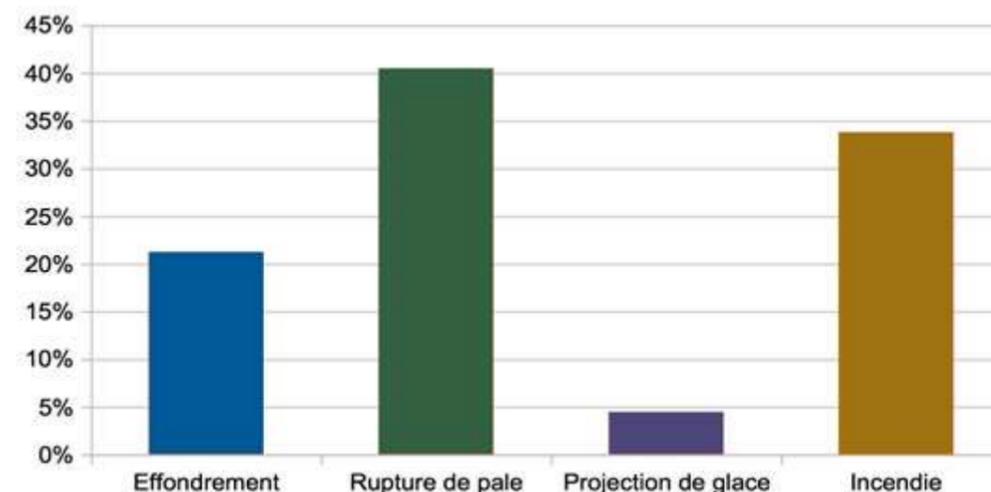
2.6.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international

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 au 31 mars 2018.

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 2 231 accidents décrits dans la base de données au moment de sa mise à jour au 31 mars 2018, 1368 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.

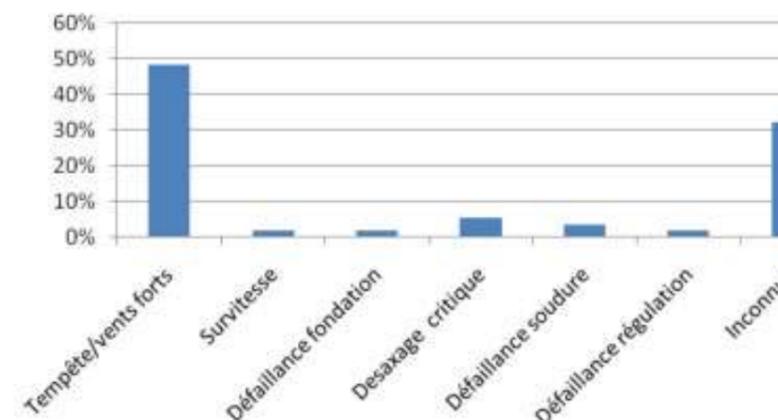
Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2018

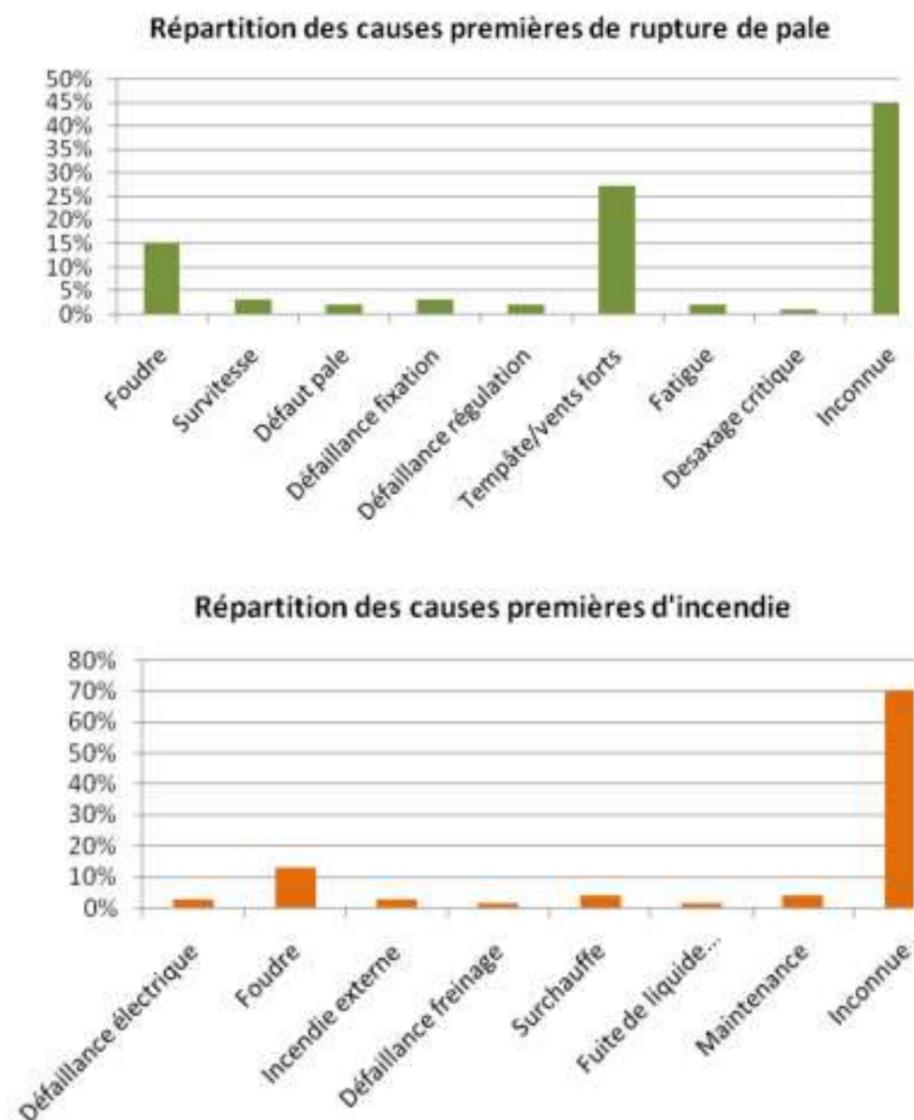


La répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2018 du même ordre de grandeur que celle qui avait été observée entre 2000 et 2011 par le groupe de travail de SER/FEE.

Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés) est celui qui porte sur les données 2000-2011 analysées par le groupe de travail mentionné précédemment.

Répartition des causes premières d'effondrement





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.

2.6.3 Inventaire des accidents majeurs sur les sites de l'exploitant

La société WKN France ne dénombre aucun accident d'exploitation ou de maintenance dans les parcs exploités actuellement.

2.6.4 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

2.6.4.1 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.

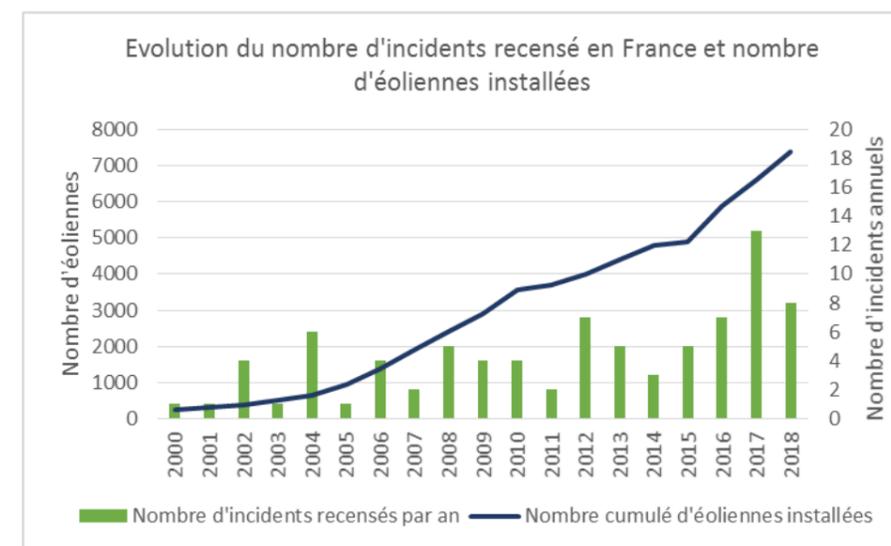


Figure 6. Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

2.6.4.2 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.

2.6.4.3 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.

2.7 Analyse préliminaire des risques

2.7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarii d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarii de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarii d'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 scénarii d'accident sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences. Cette hiérarchisation permet de « filtrer » les scénarii d'accident qui présentent des conséquences limitées et les scénarii d'accident majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

2.7.2 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.

2.7.3 Recensement des agressions externes potentielles

2.7.3.1 Agressions 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 de l'éolienne la plus proche |
|----------------------------------|--------------------------|---|--|-----------|--|
| Voies de circulation | Transport | Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules | Energie cinétique des véhicules et flux thermiques | 200 m | Pas de voie structurante (fréquentation supérieure à 2000 véhicules/jour) à moins de 500 m |
| Aérodrome | Transport aérien | Chute d'aéronef | Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique | 2000 m | Infrastructure au-delà du périmètre de 2000 m |
| Ligne THT | Transport d'électricité | Rupture de câble | Arc électrique, surtensions | 200 m | Infrastructure au-delà du périmètre de 500 m |
| Canalisation de transport de gaz | Transport de gaz | Rupture de la canalisation | Explosion | 200 m | Infrastructure au-delà du périmètre de 200 m |
| Autres aérogénérateurs | Production d'électricité | Accident générant des projections d'éléments | Energie cinétique des éléments projetés | 500 m | Infrastructure au-delà du périmètre de 500 m |

Tableau 12. Agressions externes liées aux activités humaines

2.7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Les principales agressions externes sont liées aux phénomènes naturels. Ceux-ci sont étudiés dans le chapitre 2.3.2.3 « Risques naturels ». L'intensité des phénomènes est donnée par une cotation sur la base de données observées. Seuls sont retenus pour l'analyse des risques, les phénomènes de vents et tempête, foudre et glissement de sols.

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 puisque 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 scénarii de rupture de pale.

2.7.4 Scénarii étudiés dans l'Analyse Préliminaire des Risques (APR)

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

- une description des causes et de leur séquençage (événements initiateurs et événements intermédiaires) ;

- une description des *événements redoutés centraux* qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- une description des *fonctions de sécurité* permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux, elles sont numérotées de façon à être listées dans le chapitre « Mise en place des mesures de sécurité » ;
- une description des *phénomènes dangereux* dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- une évaluation préliminaire de la zone d'effets attendue de ces événements.

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

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

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

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

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

| N° | Événement initiateur | Événement intermédiaire | Événement redouté central | Fonction de sécurité (intitulé générique) | Phénomène dangereux | Qualification de la zone d'effet |
|-----|--|--|-----------------------------------|--|---|----------------------------------|
| C03 | Défaut fixation nacelle – pivot central – mât | Chute nacelle | Chute d'élément de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Impact sur cible | 1 |
| P01 | Survitesse | Contraintes trop importante sur les pales | Projection de tout ou partie pale | Prévenir la survitesse (N°4) | Impact sur cible | 2 |
| P02 | Fatigue Corrosion | Chute de fragment de pale | Projection de tout ou partie pale | Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) | Impact sur cible | 2 |
| P03 | Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage | Chute de fragment de pale | Projection de tout ou partie pale | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Impact sur cible | 2 |
| E01 | Effets dominos autres installations | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| E02 | Glissement de sol | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| E05 | Crash d'aéronef | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| E07 | Effondrement engin de levage travaux | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne | Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13) | Chute fragments et chute mât | 2 |
| E08 | Vents forts | Défaillance fondation | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| E09 | Fatigue | Défaillance mât | Effondrement éolienne | Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| E10 | Désaxage critique du rotor | Impact pale – mât | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |

Tableau 13. Analyse générique des risques

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

2.7.5 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 ».

Le guide technique préconise de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres.

Aucune installation ICPE n'a été identifiée à moins de 100m.

Le risque de propagation d'un incendie d'une éolienne à la végétation environnante ne peut être exclu. Comme il est difficile de calculer la probabilité et l'intensité de l'effet domino, il n'est pas possible d'évaluer l'acceptabilité du risque de sur-accident. Cependant au regard de l'accidentologie, cet événement peut être considéré comme très improbable selon la définition de l'arrêté du 29/09/05. Afin de réduire le risque, l'exploitant prendra des mesures de prévention en accord avec le service prévention du SDIS :

- pour limiter la propagation du feu et faciliter l'intervention des secours : débroussaillage, élagage des branches basses, élimination du bois mort sur les zones de surplomb concernées ;
- entretien des voies carrossables permettant aux engins des secours d'intervenir ;
- en cas d'alerte risque feu de forêt respect des consignes des services de la sécurité civile.

2.7.6 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 éolien des Hauts Poiriers.

Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

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

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

| Fonction de sécurité | Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace | N° de la fonction de sécurité | 2 |
|----------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Signalisation du risque en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées | | |
| Description | Mise en place de panneaux de signalisation en pied de machines du risque de chute de glace (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011). | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | NA | | |
| Efficacité | 100 %. 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 | Sondes de température sur pièces mécaniques Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme. | | |
| Description | Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir la survitesse | N° de la fonction de sécurité | 4 |
|----------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Détection de survitesse et système de freinage. | | |
| Description | Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. | | |

| | |
|------------------|---|
| | NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire |
| Indépendance | Oui |
| Temps de réponse | Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'éolienne 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 éoliennes conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. |
| Maintenance | Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. |

| Fonction de sécurité | Prévenir les courts-circuits | N° de la fonction de sécurité | 5 |
|----------------------|--|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique. | | |
| Description | Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | De l'ordre de la seconde | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | / | | |
| Maintenance | Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014). | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir les effets de la foudre | N° de la fonction de sécurité | 6 |
|----------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur. | | |
| Description | Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | Immédiat dispositif passif | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | / | | |
| Maintenance | Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014). | | |

| Fonction de sécurité | Protection et intervention incendie | N° de la fonction de sécurité | 7 |
|----------------------------|--|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours | | |
| Description | Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance) | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | < 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique. | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | / | | |
| Maintenance | Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011(modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014). Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel. | | |

| Fonction de sécurité | Prévention et rétention des fuites | N° de la fonction de sécurité | 8 |
|----------------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution | | |
| Description | Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; - de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | Dépendant du débit de fuite | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | / | | |
| 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,...) Procédures qualités 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. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air (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 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014). | | |

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

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

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014).

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.

2.7.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

| Nom du scénario exclu | Justification |
|--|--|
| 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. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments. |
| 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. 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. 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. |

Tableau 14. Scénarii exclus de l'étude détaillée

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

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

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

Pour le scénario suivant : Effondrement de l'éolienne, chute ou projection d'élément de l'éolienne sur un poste de livraison, le guide INERIS précise que les expertises réalisées ont montré l'absence d'effet à l'extérieur des postes de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter. Ce scénario n'est donc pas développé dans le présent rapport.

2.8 Etude détaillée des risques

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

2.8.1 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 nuage 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.

2.8.1.1 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.

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [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 scénarii de projection, l'annexe II de cet arrêté précise : « *Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, l'évaluation des effets de projection d'un phénomène dangereux nécessite, le cas échéant, une analyse, au cas par cas, justifiée par l'exploitant. Pour la délimitation des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, cette délimitation s'appuie sur une analyse au cas par cas proposée par l'exploitant* ».

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

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

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

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

Tableau 15. Grille de cotation en intensité issue du guide technique

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

2.8.1.3 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.

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

Tableau 16. Grille de cotation en gravité de l'arrêté du 29 septembre 2005

■ Méthodologie

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode présentée en annexe 1.A du guide.

Annexe 1 : Annexe au guide technique, méthode comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

Cette méthode se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées.

Ainsi, pour chaque phénomène dangereux identifié, nous comptabiliserons l'ensemble des personnes présentes dans la zone d'effet correspondante.

Dans chaque zone couverte par les effets d'un phénomène dangereux issu de l'analyse de risque, nous identifierons les ensembles homogènes (ERP, zones habitées, zones industrielles, commerces, voies de circulation, terrains non bâtis...) et nous en déterminerons la surface (pour les terrains non bâtis, les zones d'habitat) et/ou la longueur (pour les voies de circulation).

■ Hypothèses de travail

Concernant les zones agricoles, elles sont constituées d'éléments disparates : champs, voies de circulation non structurantes (chemins ruraux, voies communales et route départementale faiblement fréquentée).

Selon la circulaire :

- Un **champ** est classé terrain non aménagé et très peu fréquenté. Compter 1 personne par tranche de 100 ha.
- **Les voies de circulation** non structurantes (moins de 2000 véhicules/jours) sont classées en terrains aménagés mais peu fréquentés. Compter 1 personne par tranche de 10 ha.

Pour simplifier l'analyse, nous ne différencierons pas les différents éléments et nous classerons donc les zones agricoles en terrains aménagés mais peu fréquentés (catégorie la plus majorante en termes de victimes potentielles).

Les boisements n'ont pas vocation de loisirs et ne sont pas aménagés en tant que tels. Comme les zones agricoles, nous les classerons donc en terrains aménagés mais peu fréquentés.

Toutes les hypothèses sont majorantes vis-à-vis du comptage du nombre de victimes potentielles.

2.8.1.4 Probabilité

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

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

Tableau 17. Grille de cotation en probabilité de l'arrêté du 29 septembre 2005

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.8.1.5 Acceptabilité

Enfin, la dernière étape de l'étude détaillée des risques consiste en l'analyse de l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés.

L'analyse d'acceptabilité est basée sur la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 et reprise dans la circulaire du 10 mai 2010.

L'acceptabilité résulte du croisement entre probabilité d'occurrence et gravité de l'accident.

| Conséquence | Classe de Probabilité | | | | |
|----------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| | E | D | C | B | A |
| Désastreux | Orange | Rouge | Rouge | Rouge | Rouge |
| Catastrophique | Orange | Orange | Rouge | Rouge | Rouge |
| Important | Orange | Orange | Orange | Rouge | Rouge |
| Sérieux | Vert | Vert | Orange | Orange | Rouge |
| Modéré | Vert | Vert | Vert | Vert | Orange |

Tableau 18. Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010

Légende de la matrice :

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

2.8.2 Caractérisation des scénarii retenus

Toutes les formules employées dans ce chapitre sont issues du guide technique INERIS/SER FEE.

2.8.2.1 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 **170 m** dans le cas des éoliennes du **parc éolien des Hauts Poiriers**.

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

■ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne.

- R est la longueur d'une pale (R=68,5 m),
- H est la hauteur du moyeu (H=100 m),
- D/2 est la longueur d'un demi diamètre (D/2=70 m),
- L est la largeur du mât (L= 7,9 m),
- LB est la corde maximale de la pale (LB= 4,5 m).

| Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) Soit H+D/2= 170 m | | | |
|--|--|---|------------------|
| Zone d'impact en m ² | Zone d'effet du phénomène étudié en m ² | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité |
| $(H) \times L + 3 \times R \times LB / 2$ | $= \pi \times (H+D/2)^2$ ³ | | |
| 1 252,4 m ² | 90 792,0 m ² | 1,379 % | Exposition forte |

Tableau 19. Scénario d'effondrement – calcul de l'intensité

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

³ Dans le guide technique la formule initiale est : $\pi \times (H+R)^2$, D/2 nous semble plus cohérent que R.

■ Acceptabilité

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 100 personnes sont exposées.

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

| Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) | | |
|---|---------|------------------|
| Eolienne | Gravité | Niveau de risque |
| E1 | Sérieux | Acceptable |
| E2 | Sérieux | Acceptable |
| E3 | Sérieux | Acceptable |
| E4 | Sérieux | Acceptable |
| E5 | Sérieux | Acceptable |
| E6 | Sérieux | Acceptable |
| E7 | Sérieux | Acceptable |
| E8 | Sérieux | Acceptable |

Tableau 21. Scénario d'effondrement – acceptabilité du risque

Ainsi, pour le parc éolien des Hauts Poiriers, le phénomène d'effondrement d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

■ Cartographie

Cf § 2.8.3 « Cartographie des risques ».

2.8.2.2 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 [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concerné par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

■ Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien, la zone d'effet a donc un rayon de **70 m**. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

■ 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.

- Z_i est la zone d'impact,
- Z_E est la zone d'effet,
- $D/2$ est la longueur d'un demi-diamètre ($D/2 = 70$ m),
- SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1$ m²).

| Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 70$ m) | | | |
|--|--|---|--------------------|
| Zone d'impact en m ² | Zone d'effet du phénomène étudié en m ² | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité |
| $Z_i = SG$ | $Z_E = \pi \times (D/2)^2$ ⁵ | | |
| 1,0 m ² | 15 393,8 m ² | 0,006 % | Exposition modérée |

Tableau 22. Scénario chute de glace – calcul de l'intensité

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

⁵ Dans le guide technique la formule initiale est : $\pi \times R^2$, $D/2$ nous semble plus cohérent que R .

■ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe « Rappel des définitions »), 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, 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 = 70 m) | | | | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------------|---|---------|
| Eolienne | Type de terrain dans la zone d'effet | Surface en m ² | Comptage sur la zone | Route* | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | Gravité |
| E1 | Terrains aménagés mais peu fréquentés | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès | 0,154 | Modéré |
| E2 | | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès | 0,154 | Modéré |
| E3 | | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès | 0,154 | Modéré |
| E4 | | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès | 0,154 | Modéré |
| E5 | | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès | 0,154 | Modéré |
| E6 | | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès | 0,154 | Modéré |
| E7 | | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès Chemin rural | 0,154 | Modéré |
| E8 | | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès | 0,154 | Modéré |

Tableau 23. Scénario chute de glace – cotation de la gravité

* Les voies non structurantes sont assimilées à des terrains aménagés mais peu fréquentés.

■ Probabilité

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

■ 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.

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

| Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) | | |
|--|---------|------------------|
| Eolienne | Gravité | Niveau de risque |
| E30 | Modéré | Acceptable |
| E31 | Modéré | Acceptable |
| E32 | Modéré | Acceptable |
| E33 | Modéré | Acceptable |
| E34 | Modéré | Acceptable |
| E35 | Modéré | Acceptable |
| E36 | Modéré | Acceptable |

Tableau 24. wScénario chute de glace – acceptabilité du risque

Ainsi, pour le parc éolien des Hauts Poiriers, 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 gel.

2.8.2.3 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.

■ 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.

- d est le degré d'exposition,
- Z_I est la zone d'impact,
- Z_E est la zone d'effet,
- R est la longueur de pale (R= 68,5 m),
- LB est la corde maximale de la pale (LB= 4,5 m),
- D/2 est la longueur d'un demi-diamètre (D/2= 70 m).

| Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 70 m) | | | |
|--|---|---|------------------|
| Zone d'impact en m^2 | Zone d'effet du phénomène étudié en m^2 | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité |
| $Z_I = R * LB / 2$ | $Z_E = \pi \times (D/2)^2$ ⁶ | $d = Z_I / Z_E$ | |
| 154,1 m^2 | 15 393,8 m^2 | 1,001% | Exposition forte |

Tableau 25. Scénario chute d'éléments de l'éolienne – calcul de l'intensité

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 « Rappel des définitions »), 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 hors de l'établissement → « Modéré »

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

| Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 70 m) | | | | | | |
|--|---------------------------------------|------------------|----------------------|--------------------------------|---|---------|
| Eolienne | Type de terrain dans la zone d'effet | Surface en m^2 | Comptage sur la zone | Route * | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | Gravité |
| E1 | Terrains aménagés mais peu fréquentés | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès | 0,154 | Sérieux |
| E2 | | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès | 0,154 | Sérieux |
| E3 | | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès | 0,154 | Sérieux |
| E4 | | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès | 0,154 | Sérieux |
| E5 | | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès | 0,154 | Sérieux |
| E6 | | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès | 0,154 | Sérieux |
| E7 | | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès Chemin rural | 0,154 | Sérieux |
| E8 | | 15 393,8 | 0,154 | Chemin d'accès | 0,154 | Sérieux |

Tableau 26. Scénario chute d'éléments de l'éolienne – cotation de la gravité

* Les voies non structurantes sont assimilées à des terrains aménagés mais peu fréquentés.

⁶ Dans le guide technique la formule initiale est : $\pi \times R^2$, D/2 nous semble plus cohérent que R.

■ 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 » (8 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit $8,3 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an).

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

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

■ 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.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien, 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) | | |
|--|---------|------------------|
| Eolienne | Gravité | Niveau de risque |
| E1 | Sérieux | Acceptable |
| E2 | Sérieux | Acceptable |
| E3 | Sérieux | Acceptable |
| E4 | Sérieux | Acceptable |
| E5 | Sérieux | Acceptable |
| E6 | Sérieux | Acceptable |
| E7 | Sérieux | Acceptable |
| E8 | Sérieux | Acceptable |

Tableau 27. Scénario chute d'éléments de l'éolienne – acceptabilité du risque

Ainsi, pour le parc éolien des Hauts Poiriers, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

■ Cartographie

Cf § 2.8.3 « Cartographie des risques ».

2.8.2.4 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 INERIS/SER FEE 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.

■ 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.

- d est le degré d'exposition,
- Z_i est la zone d'impact,
- Z_E est la zone d'effet,
- R est la longueur de pale (R= 68,5 m),
- LB est la corde maximale de la pale (LB= 4,5 m).

| Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne) | | | |
|--|---|---|--------------------|
| Zone d'impact en m^2 | Zone d'effet du phénomène étudié en m^2 | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité |
| $Z_i = R \cdot LB / 2$ | $Z_E = \pi \times (500)^2$ | $d = Z_i / Z_E$ | |
| 145,1 | 785 398,2 | 0,020% | Exposition modérée |

Tableau 28. Scénario projection de pales ou de fragments de pales – calcul de l'intensité

■ Gravité

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

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

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

| Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne) | | | | | | |
|--|---|---------------------------|----------------------|--|---|---------|
| Eolienne | Type de terrain dans la zone d'effet | Surface en m ² | Comptage sur la zone | Route * | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | Gravité |
| E1 | Terrains aménagés mais peu fréquentés Présence d'un bois | 785398,2 | 7,854 | Chemin d'accès, chemins ruraux | 7,854 | Sérieux |
| E2 | Terrains aménagés mais peu fréquentés | 785398,2 | 7,854 | Chemin d'accès, chemins ruraux | 7,854 | Sérieux |
| E3 | Terrains aménagés mais peu fréquentés | 785398,2 | 7,854 | Chemin d'accès, chemins ruraux | 7,854 | Sérieux |
| E4 | Terrains aménagés mais peu fréquentés Présence d'un verger | 785398,2 | 7,854 | Chemin d'accès, chemins ruraux, route départementale | 7,854 | Sérieux |
| E5 | Terrains aménagés mais peu fréquentés Présence d'un bois | 785398,2 | 7,854 | | 7,854 | Sérieux |
| E6 | | 785398,2 | 7,854 | | 7,854 | Sérieux |
| E7 | | 785398,2 | 7,854 | | 7,854 | Sérieux |
| E8 | | 785398,2 | 7,854 | | 7,854 | Sérieux |

Tableau 29. Scénario chute d'éléments de l'éolienne – cotation de la gravité

* Les voies non structurantes sont assimilées à des terrains aménagés mais peu fréquentés.

A l'exception des éoliennes E2 et E3, des boisements sont situés dans la zone de projection de pale (500m) de chaque aérogénérateur.

■ 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 [4] | 1 x 10 ⁻⁶ | Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design |
| Guide for risk based zoning of wind turbines [5] | 1, 1 x 10 ⁻³ | Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001) |
| Specification of minimum distances [6] | 6,1 x 10 ⁻⁴ | Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003 |

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit 7,66 x 10⁻⁴ événement par éolienne et par an).

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

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

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

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

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

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

■ Acceptabilité

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien, 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) | | |
|--|---------|------------------|
| Eolienne | Gravité | Niveau de risque |
| E1 | Sérieux | Acceptable |
| E2 | Sérieux | Acceptable |
| E3 | Sérieux | Acceptable |
| E4 | Sérieux | Acceptable |
| E5 | Sérieux | Acceptable |
| E6 | Sérieux | Acceptable |
| E7 | Sérieux | Acceptable |
| E8 | Sérieux | Acceptable |

Tableau 30. Scénario projection de pales ou de fragments de pales – acceptabilité du risque

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

■ Cartographie

Cf § 2.8.3 « Cartographie des risques ».

2.8.2.5 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 :

Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + 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.

■ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace.

- d est le degré d'exposition,
- Z_i est la zone d'impact,
- Z_E est la zone d'effet,
- D est la longueur du diamètre du rotor (D=140 m),
- H est la hauteur au moyeu (H=100 m),
- SG est la surface majorante d'un morceau de glace (1 m²).

| Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R _{PG} = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne soit 360 m) | | | |
|---|---|---|--------------------|
| 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 | $ZE = \pi \times 1,5^2 \times (H+D)^2$ ⁷ | d=Z _i /Z _E | |
| 1,0 m ² | 407 150,41 m ² | 0,00025% | Exposition modérée |

Tableau 31. Scénario projection de glace – calcul de l'intensité

■ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe « Rappel des définitions », 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 :

⁷ Dans le guide technique la formule initiale est : $ZE = \pi \times 1,5^2 \times (H+2R)^2$, or H+2R ne correspond pas H+D préconisée dans l'étude [15], car R ne tient pas compte de la taille du moyeu.

- 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.

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

| Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+D) = 360 \text{ m}$) | | | | | |
|--|---|------------------------------|------------------|---|---------|
| Eolienne | Type de terrain dans la zone d'effet | Surface zone en m^2 | Comptage surface | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | Gravité |
| E1 | Terrains non aménagés et très peu fréquentés Présence d'un boisement | 407150,4 | 0,407 | 0,407 | Modéré |
| E2 | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 407150,4 | 0,407 | 0,407 | Modéré |
| E3 | | 407150,4 | 0,407 | 0,407 | Modéré |
| E4 | | 407150,4 | 0,407 | 0,407 | Modéré |
| E5 | Terrains non aménagés et très peu fréquentés Présence d'un boisement | 407150,4 | 0,407 | 0,407 | Modéré |
| E6 | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 407150,4 | 0,407 | 0,407 | Modéré |
| E7 | | 407150,4 | 0,407 | 0,407 | Modéré |
| E8 | Terrains non aménagés et très peu fréquentés Présence d'un boisement | 407150,4 | 0,407 | 0,407 | Modéré |

Tableau 32. Scénario projection de glace – cotation de la gravité

■ Probabilité

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

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

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

■ Acceptabilité

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

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

| Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+D)$ autour de l'éolienne) | | | |
|--|---------|--|------------------|
| Eolienne | 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 | Modéré | oui | Acceptable |
| E4 | Modéré | oui | Acceptable |
| E5 | Modéré | oui | Acceptable |
| E6 | Modéré | oui | Acceptable |
| E7 | Modéré | oui | Acceptable |
| E8 | Modéré | oui | Acceptable |

Tableau 33. Scénario projection de glace – acceptabilité du risque

* Pour rappel, chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de déduire la formation de glace sur les pales, voir §2.7.6 fonctions 1 et 2.

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

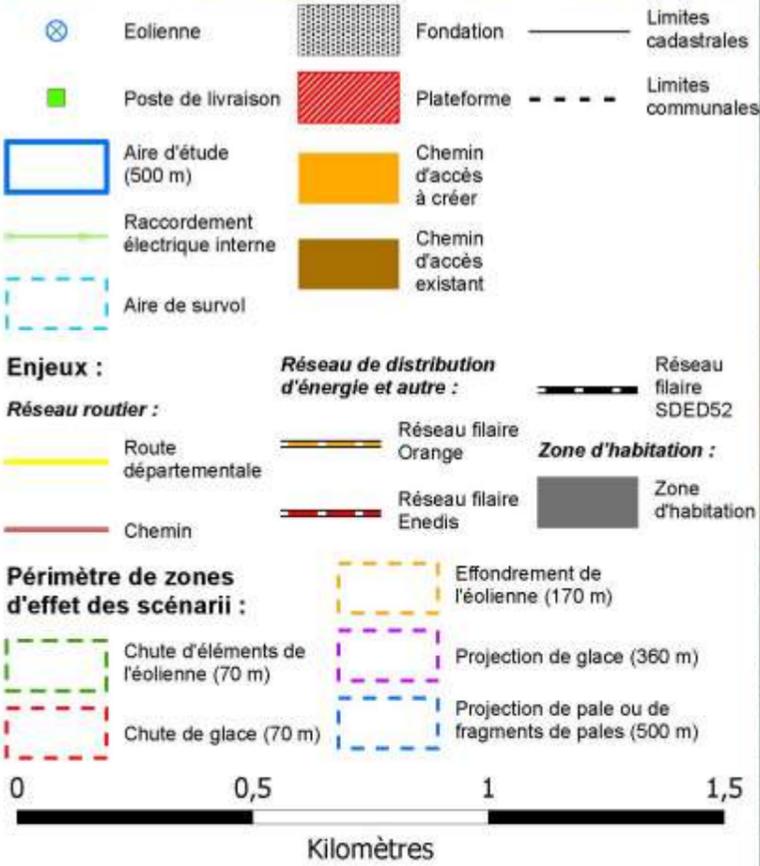
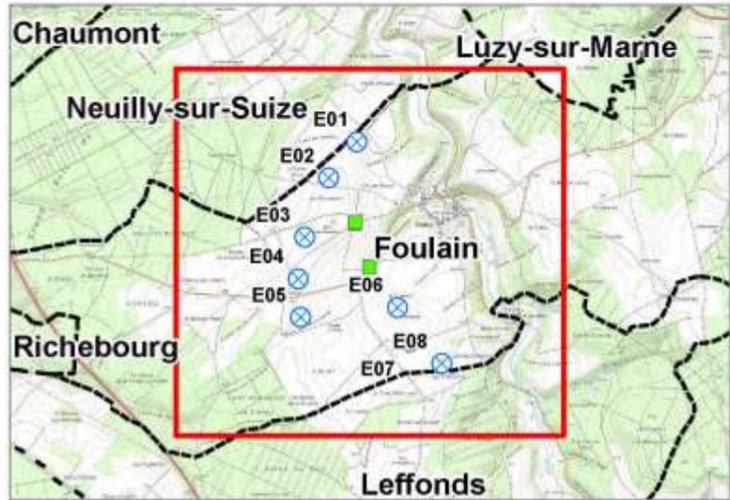
■ Cartographie

Cf § 2.8.3 « Cartographie des risques ».

2.8.3 Cartographie des risques

La cartographie des risques réalisée, indique les périmètres de risques ainsi que les enjeux vulnérables identifiés :

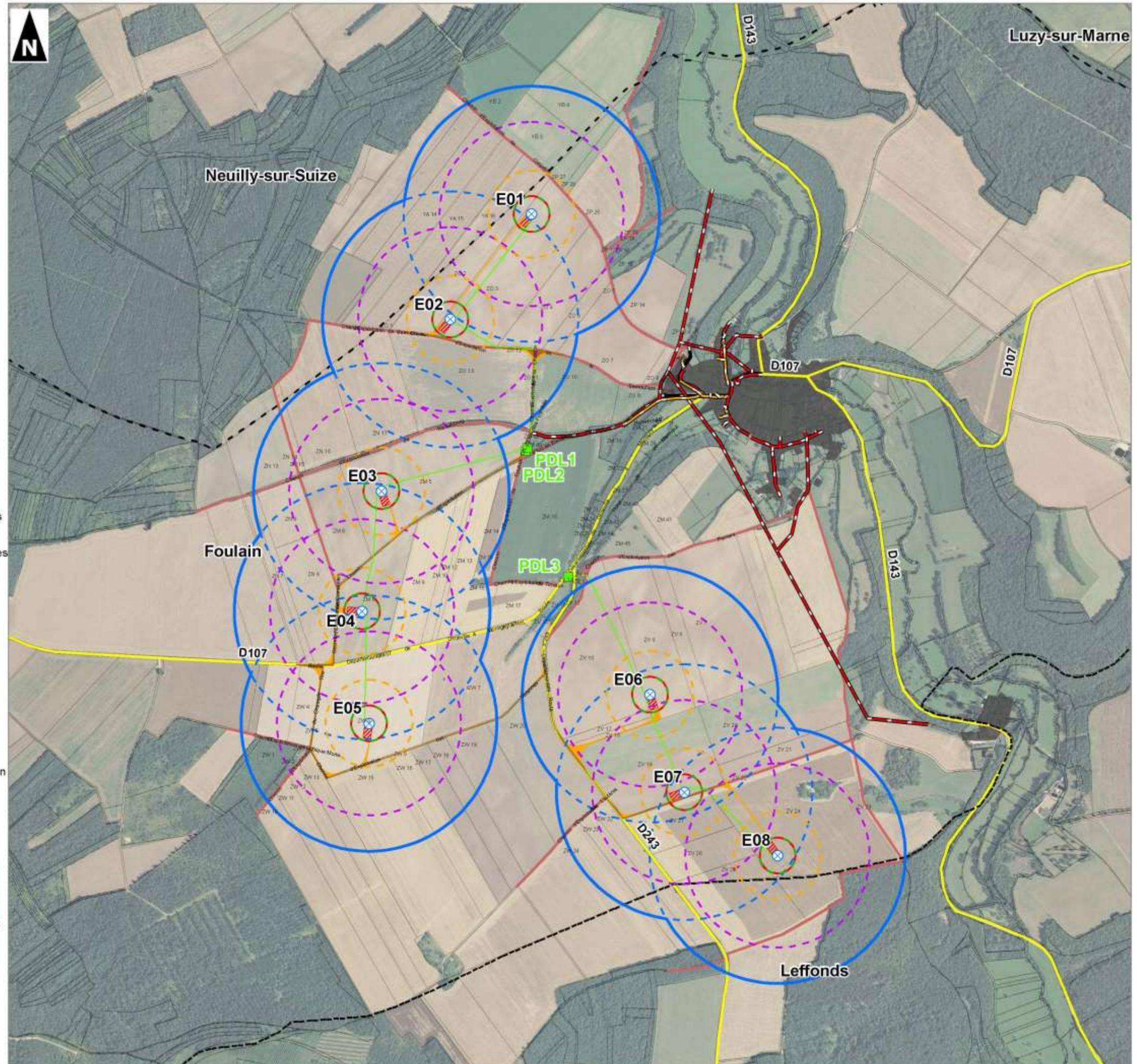
Carte 5-Carte des risques– p.55



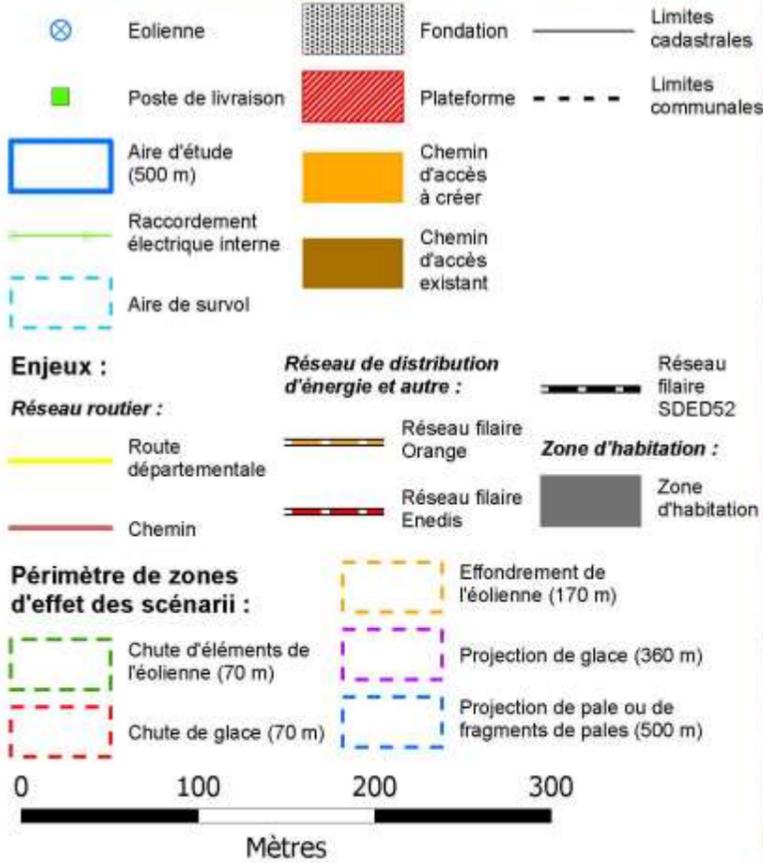
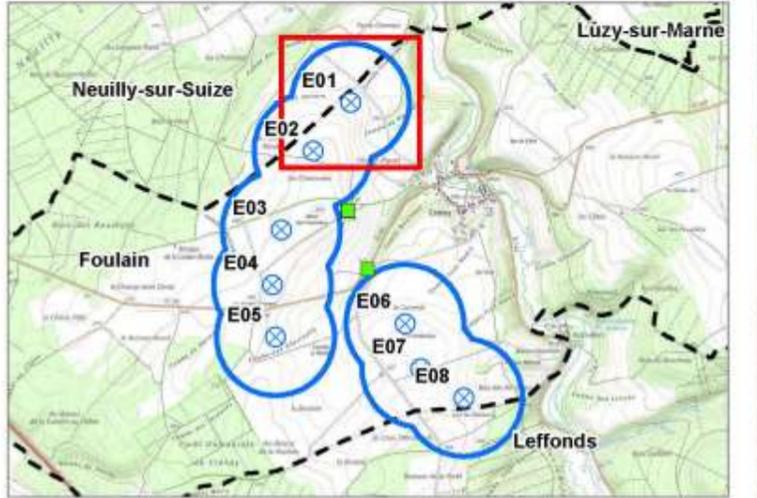
1:15 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

Réalisation : AUDDICE - 2018
 Source de fond de carte : IGN, Scan 1000[®] - BD ORTHO IGN 2016 Paris (Partenariat GéoGrandEst)
 Sources de données : IGN BD Carto[®] - Enedis - Orange - Sded52 - Cadastre - WKN FRANCE - AUDDICE, 2018



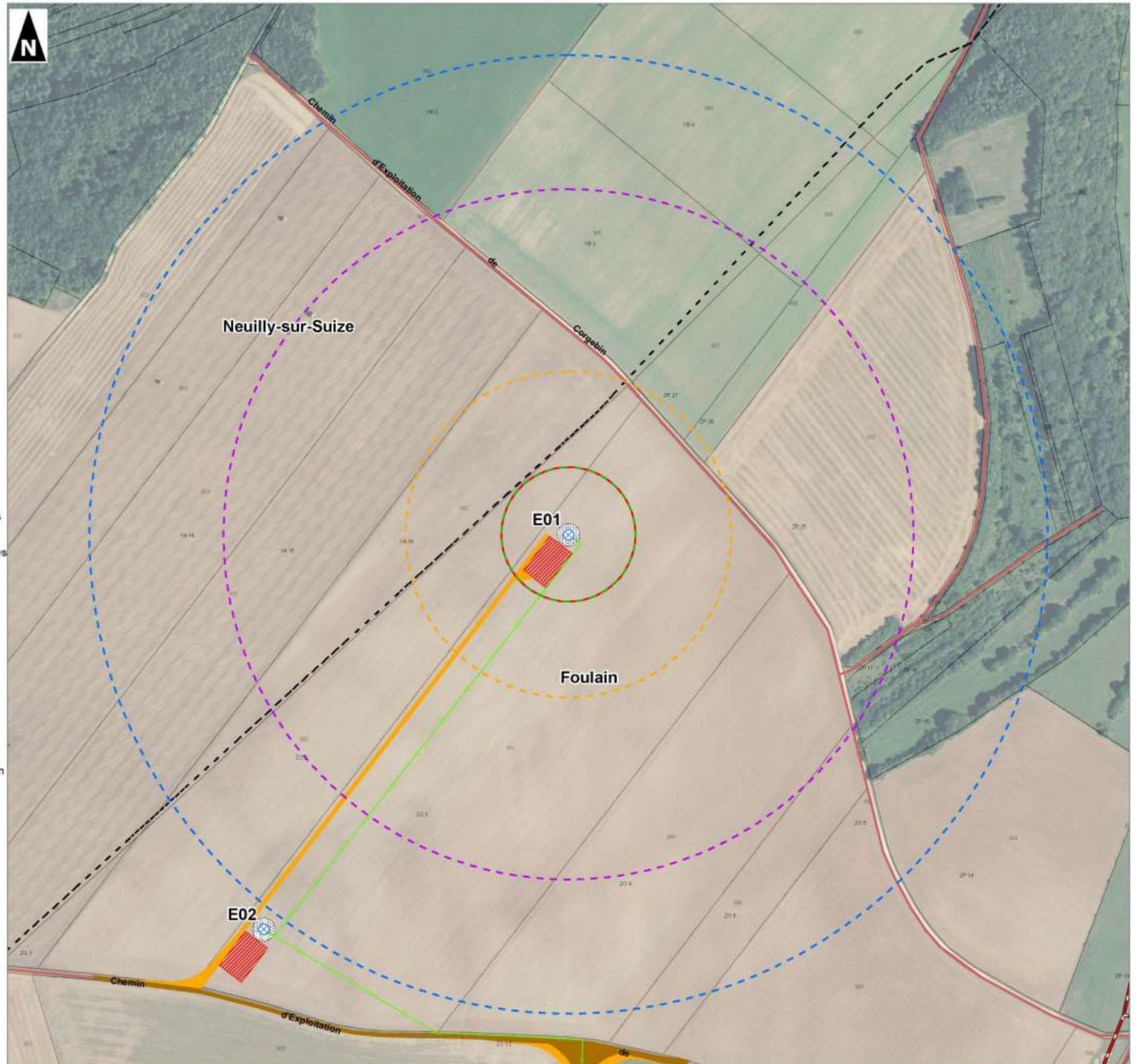
Carte des risques - Eolienne E01



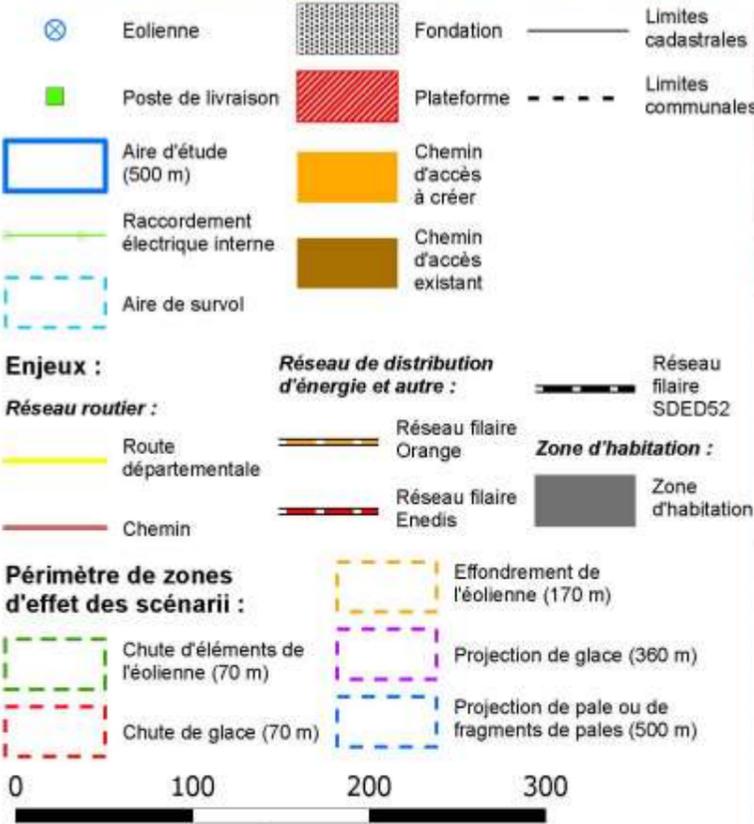
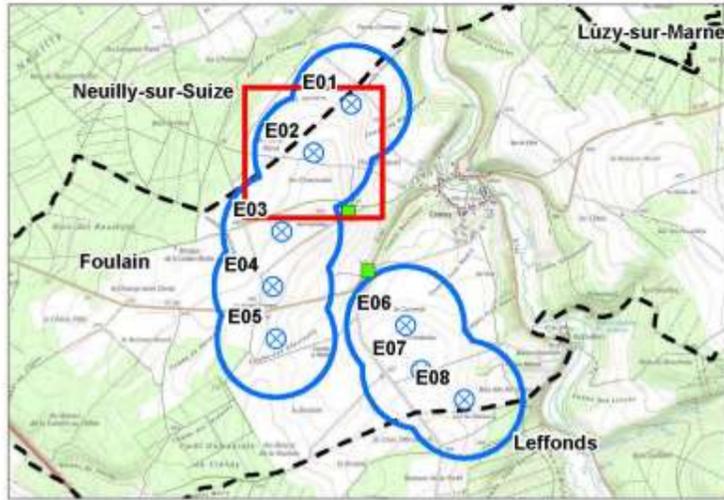
1:4 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

Réalisation : AUDDICÉ - 2018
Source de fond de carte : IGN, Scan 1000[®] - BD ORTHO IGN 2016 Paris (Partenariat GéoGrandEst)
Sources de données : IGN BD Carto[®] - Enedis - Orange - Sded52 - Cadastre - WKN FRANCE - AUDDICÉ, 2018



Carte des risques - Eolienne E02

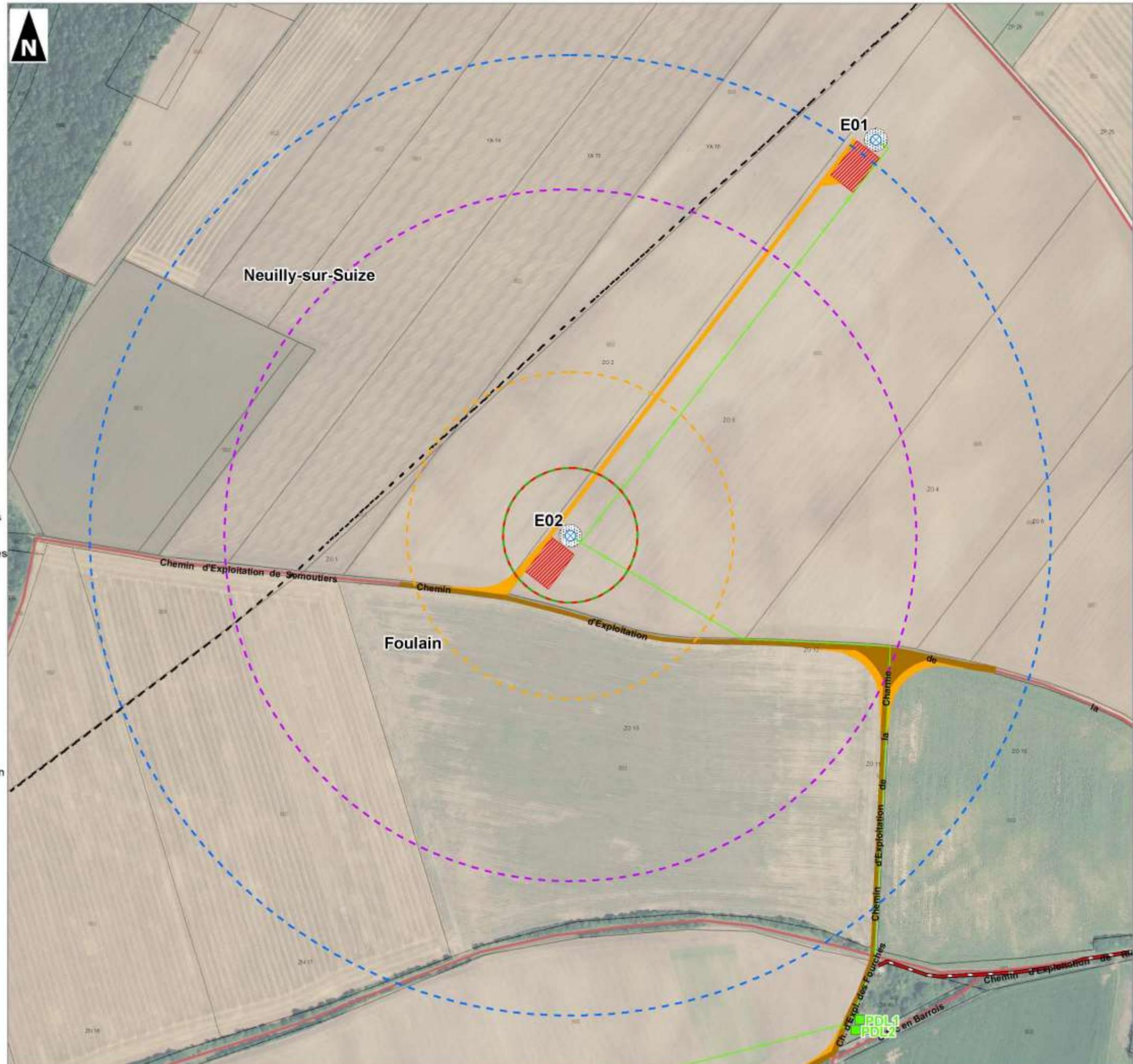


Mètres

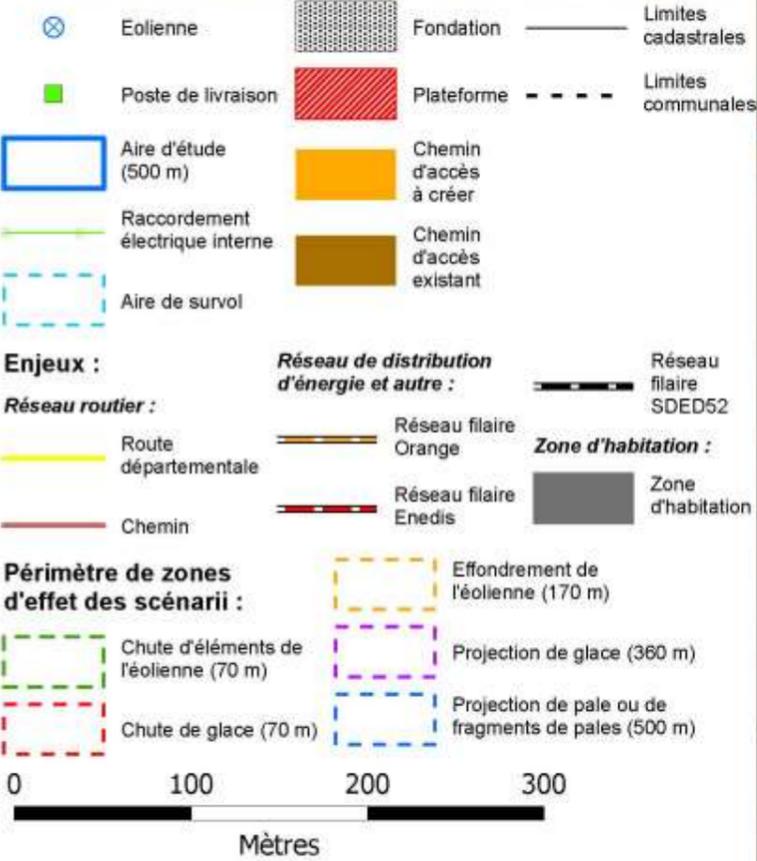
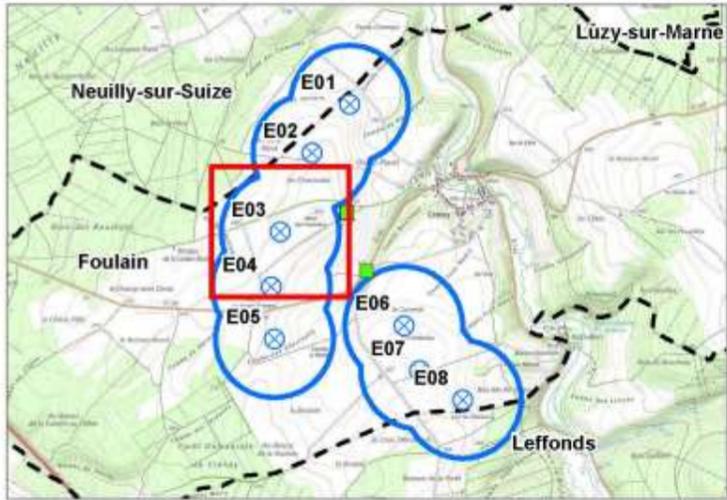
1:4 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

Réalisation : AUDDICE - 2018
 Source de fond de carte : IGN, Scan 1000® - BD ORTHO [IGN 2016 Paris (Partenariat GéoGrandEst)]
 Sources de données : IGN BD Carto® - Enedis - Orange - Sded52 - Cadastre - WKN FRANCE - AUDDICE, 2018

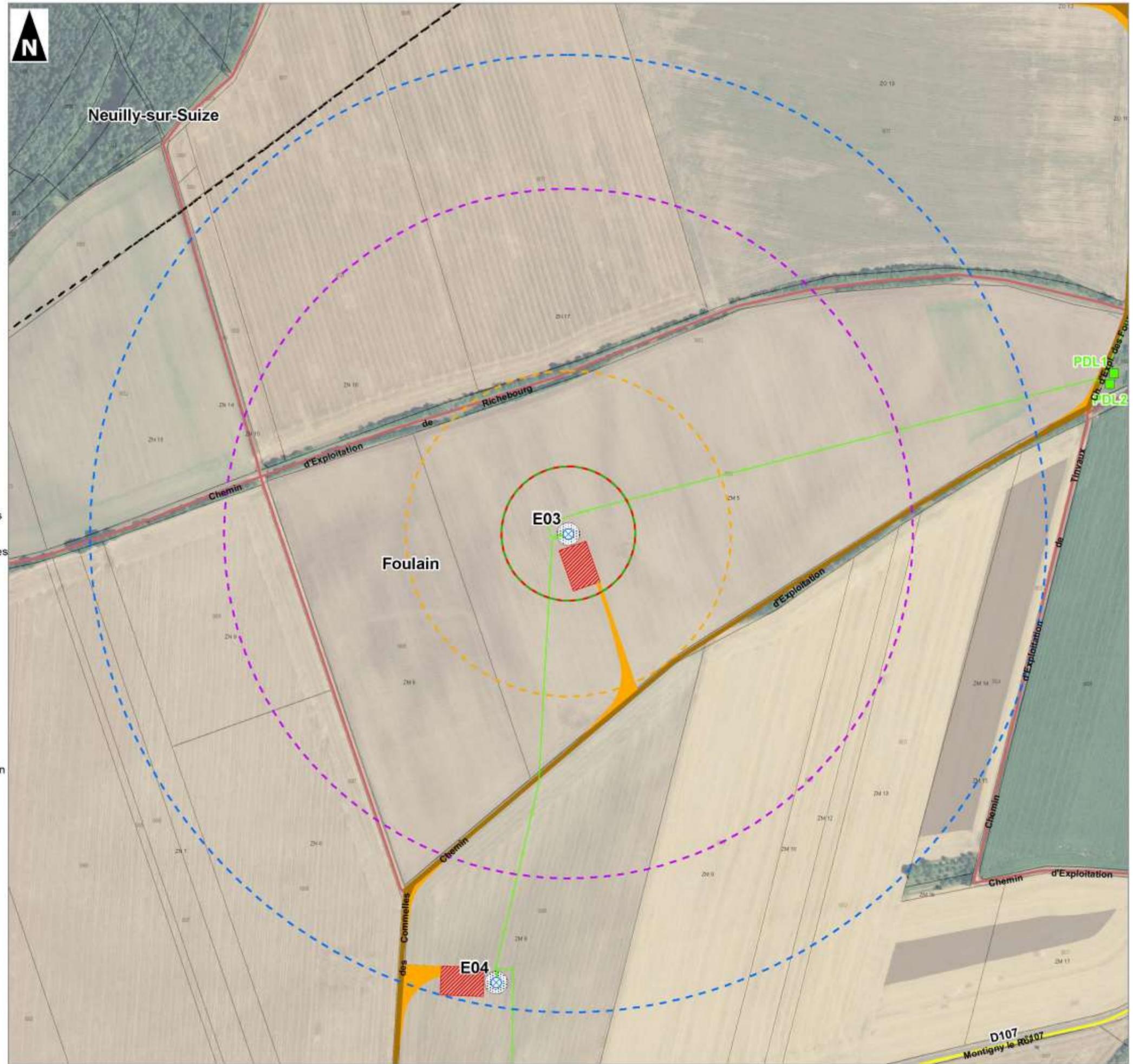


Carte des risques - Eolienne E03

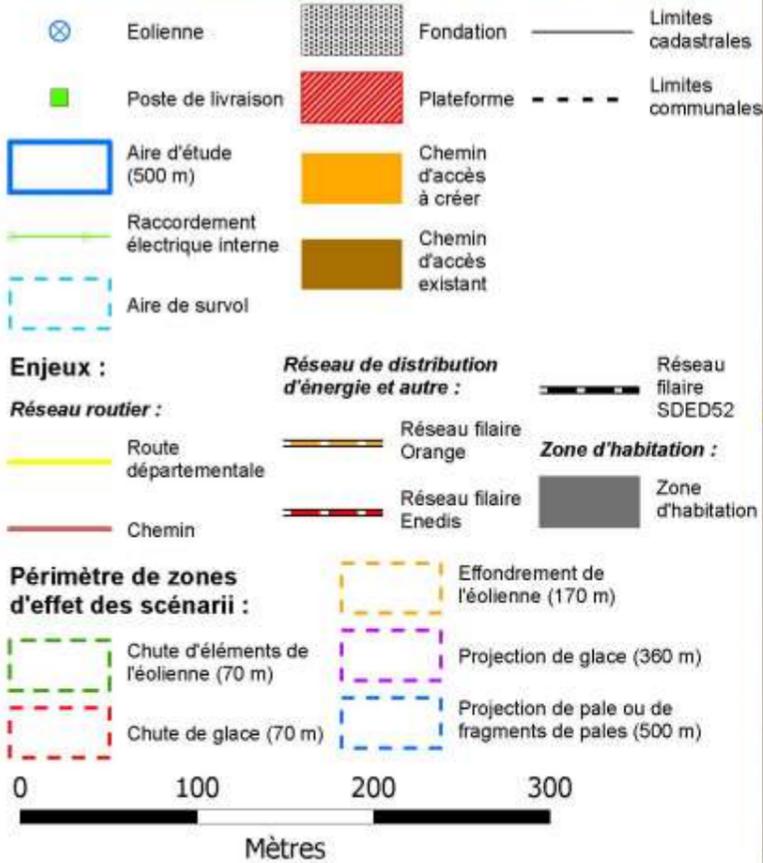
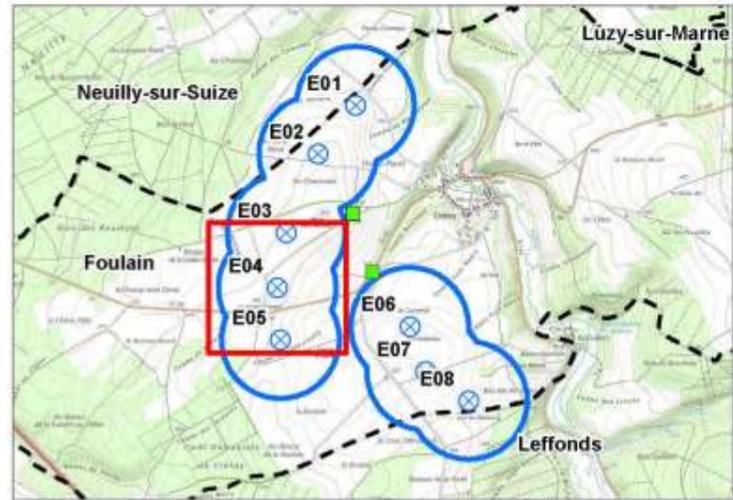


1:4 000
(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

Réalisation : AUDDICE - 2018
Source de fond de carte : IGN, Scan 1000[®] - BD ORTHO IGN 2016 Paris (Partenariat GéoGrandEst)
Sources de données : IGN BD Carto[®] - Enedis - Orange - Sded52 - Cadastre - WKN FRANCE - AUDDICE, 2018



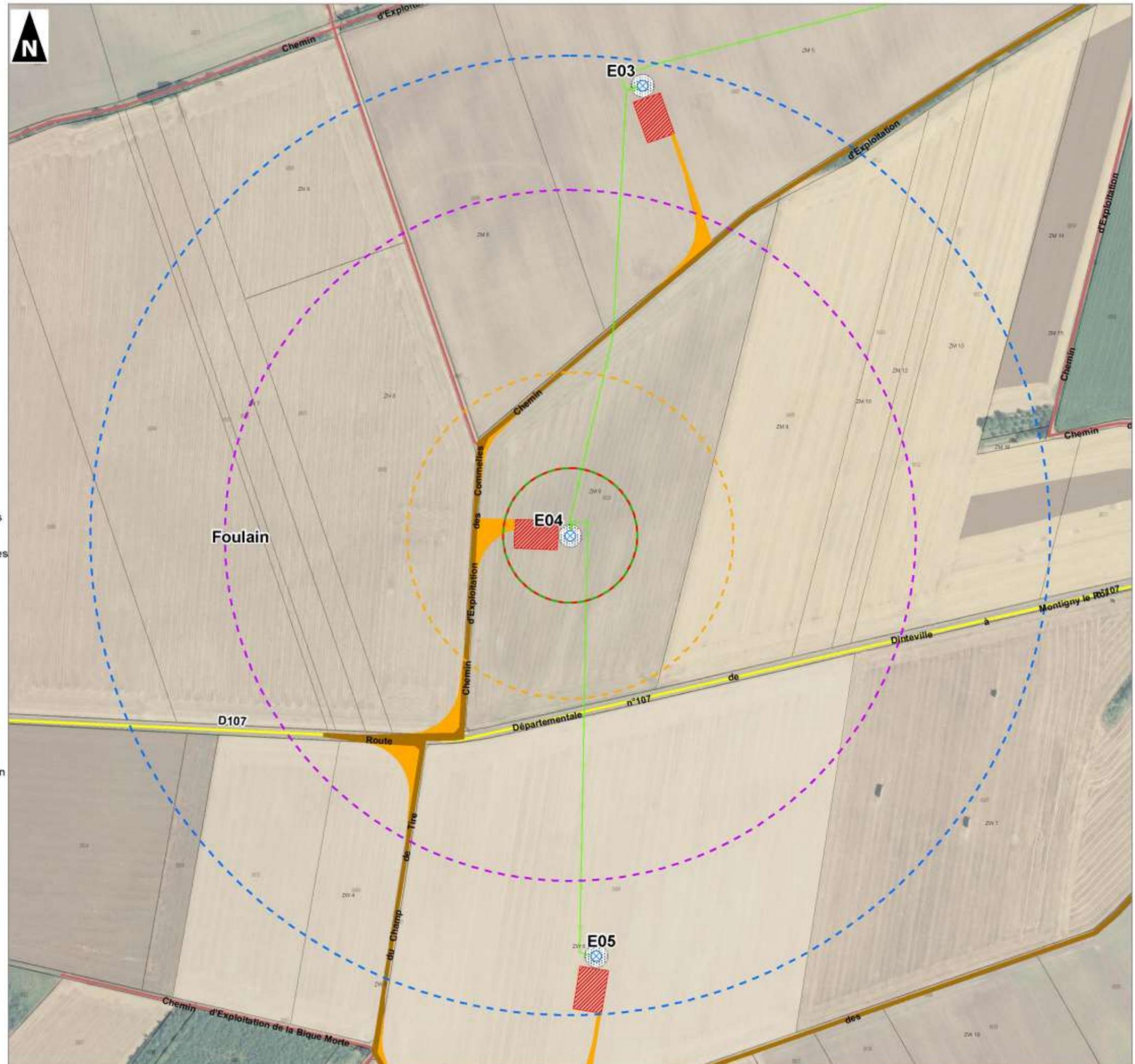
Carte des risques - Eolienne E04



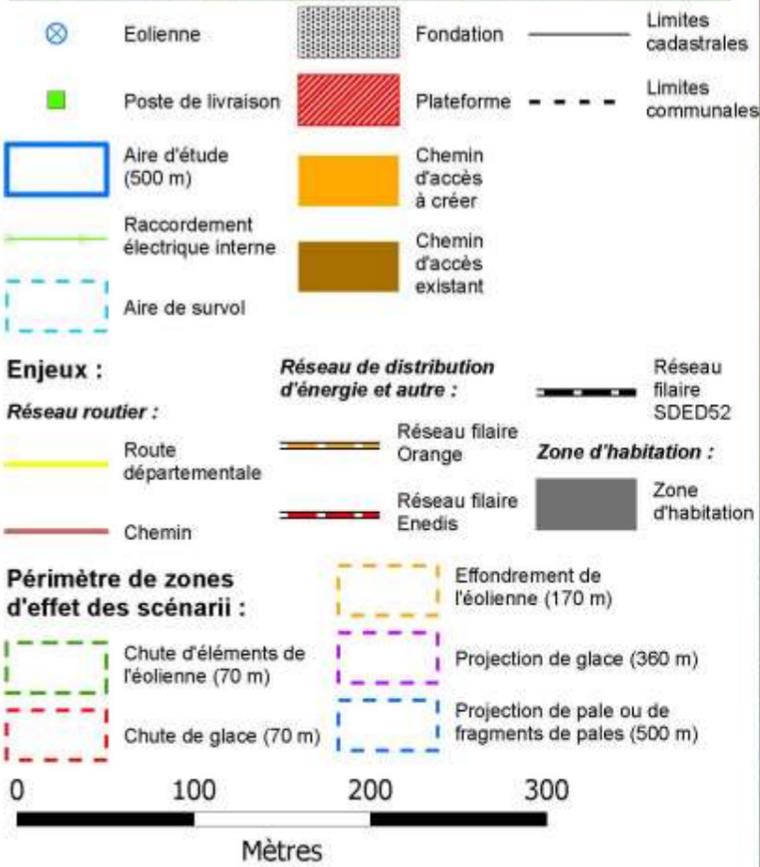
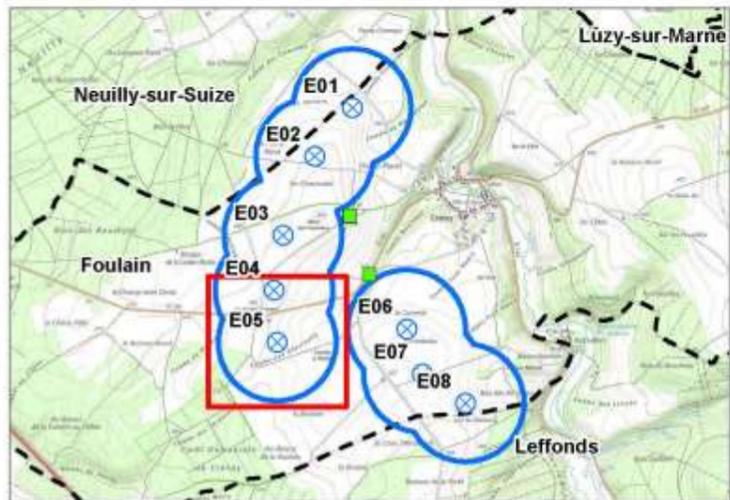
1:4 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

Réalisation : AUDDICE - 2018
Source de fond de carte : IGN, Scan 1000[®] - BD ORTHO IGN 2016 Paris (Partenariat GéoGrandEst)
Sources de données : IGN BD Carto[®] - Enedis - Orange - Sded52 - Cadastre - WKN FRANCE - AUDDICE, 2018



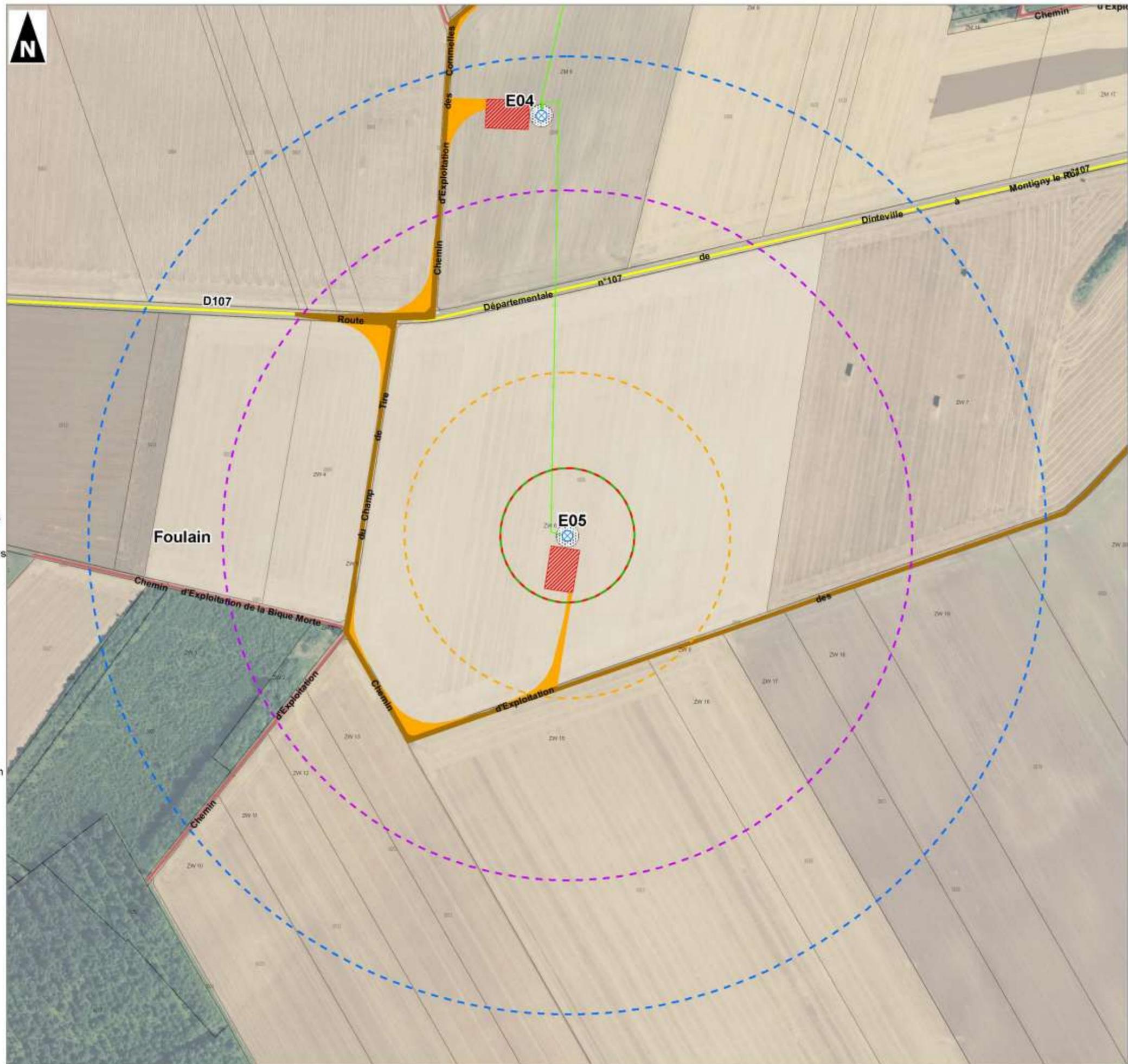
Carte des risques - Eolienne E05



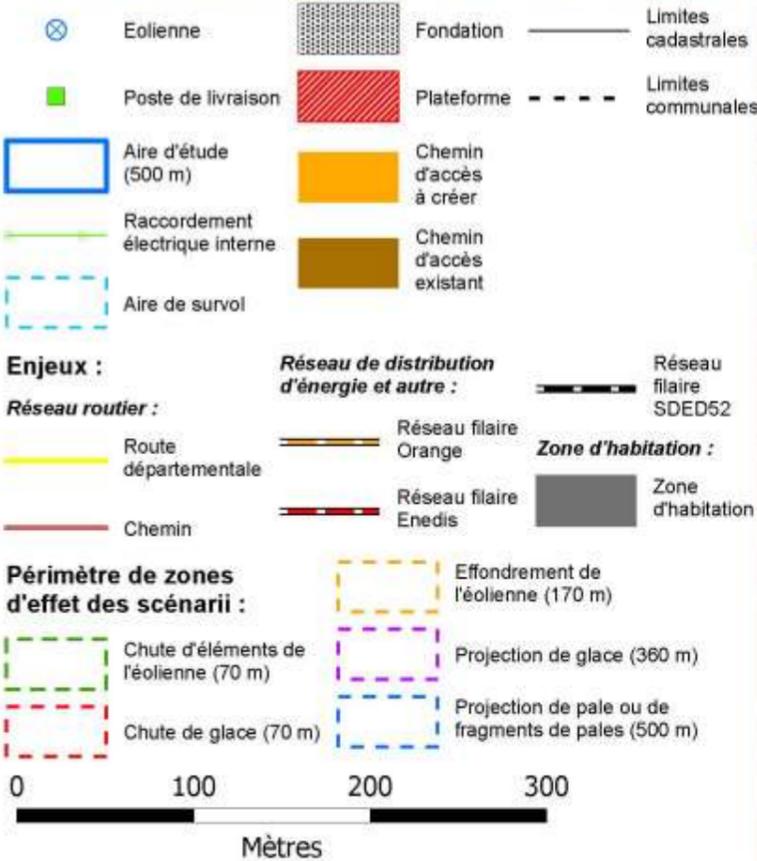
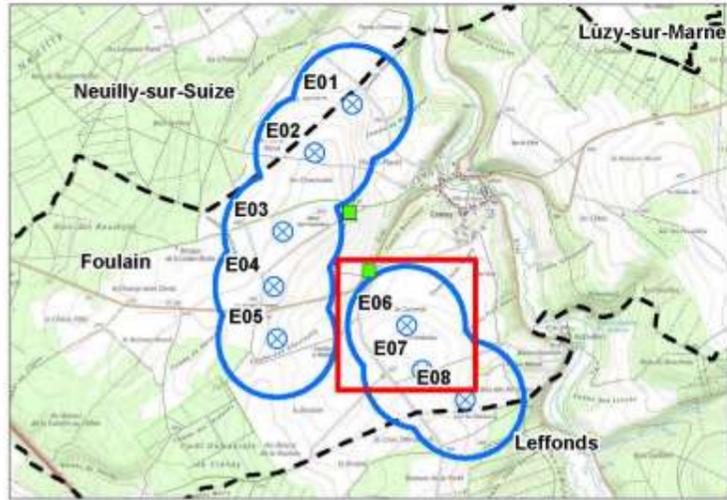
1:4 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

Réalisation : AUDDICE - 2018
Source de fond de carte : IGN, Scan 1000® - BD ORTHO IGN 2016 Paris (Partenariat GéoGrandEst)
Sources de données : IGN BD Carto® - Enedis - Orange - Sded52 - Cadastre - WKN FRANCE - AUDDICE, 2018



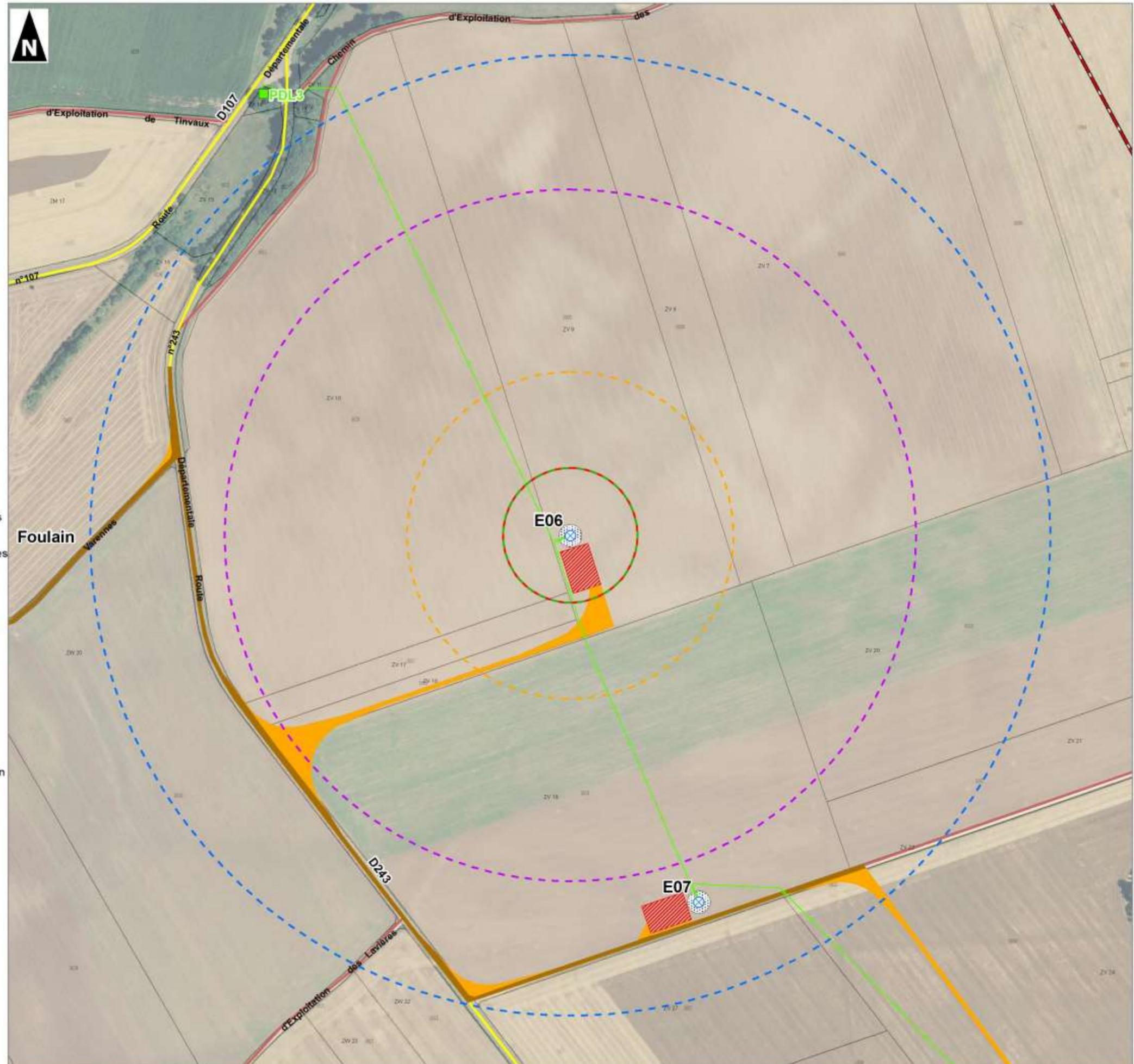
Carte des risques - Eolienne E06



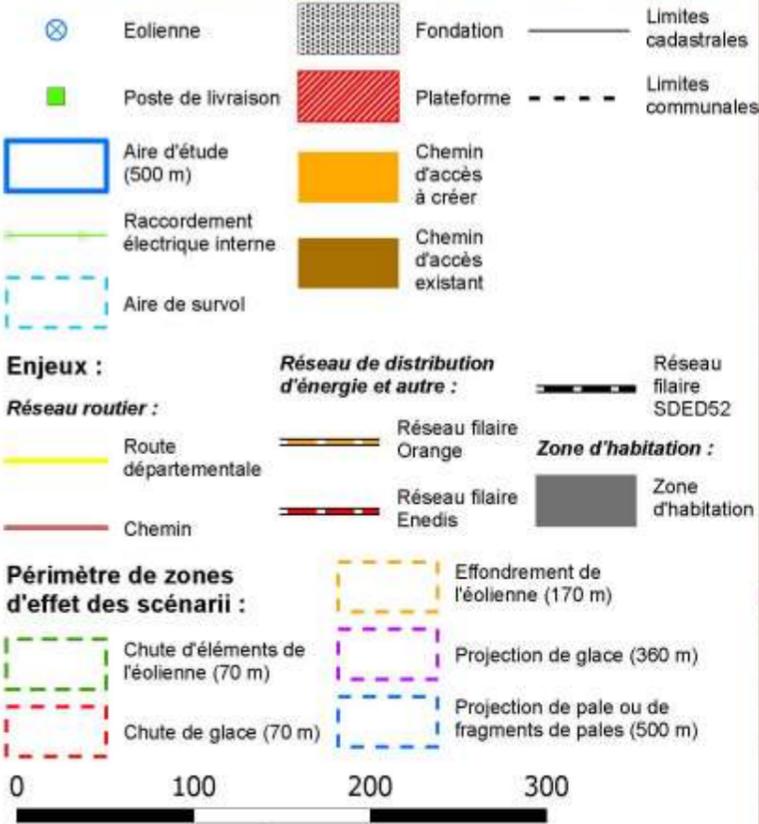
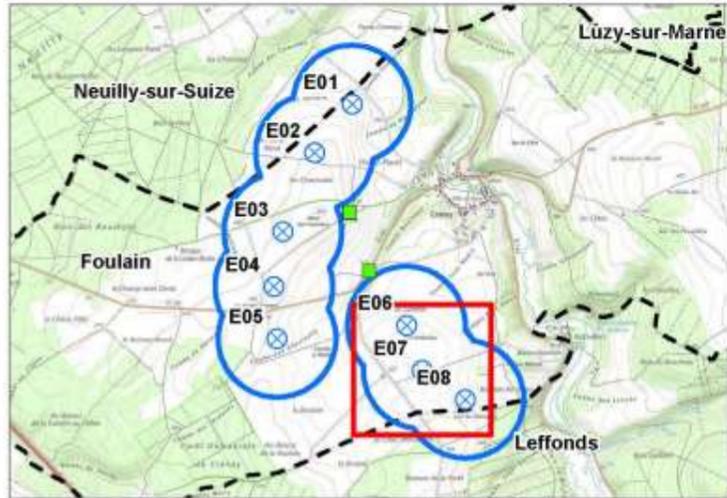
1:4 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

Réalisation : AUDDICÉ - 2018
 Source de fond de carte : IGN, Scan 1000® - BD ORTHO IGN 2016 Paris (Partenariat GéoGrandEst)
 Sources de données : IGN BD Carto® - Enedis - Orange - Sded52 - Cadastre - WKN FRANCE - AUDDICÉ, 2018



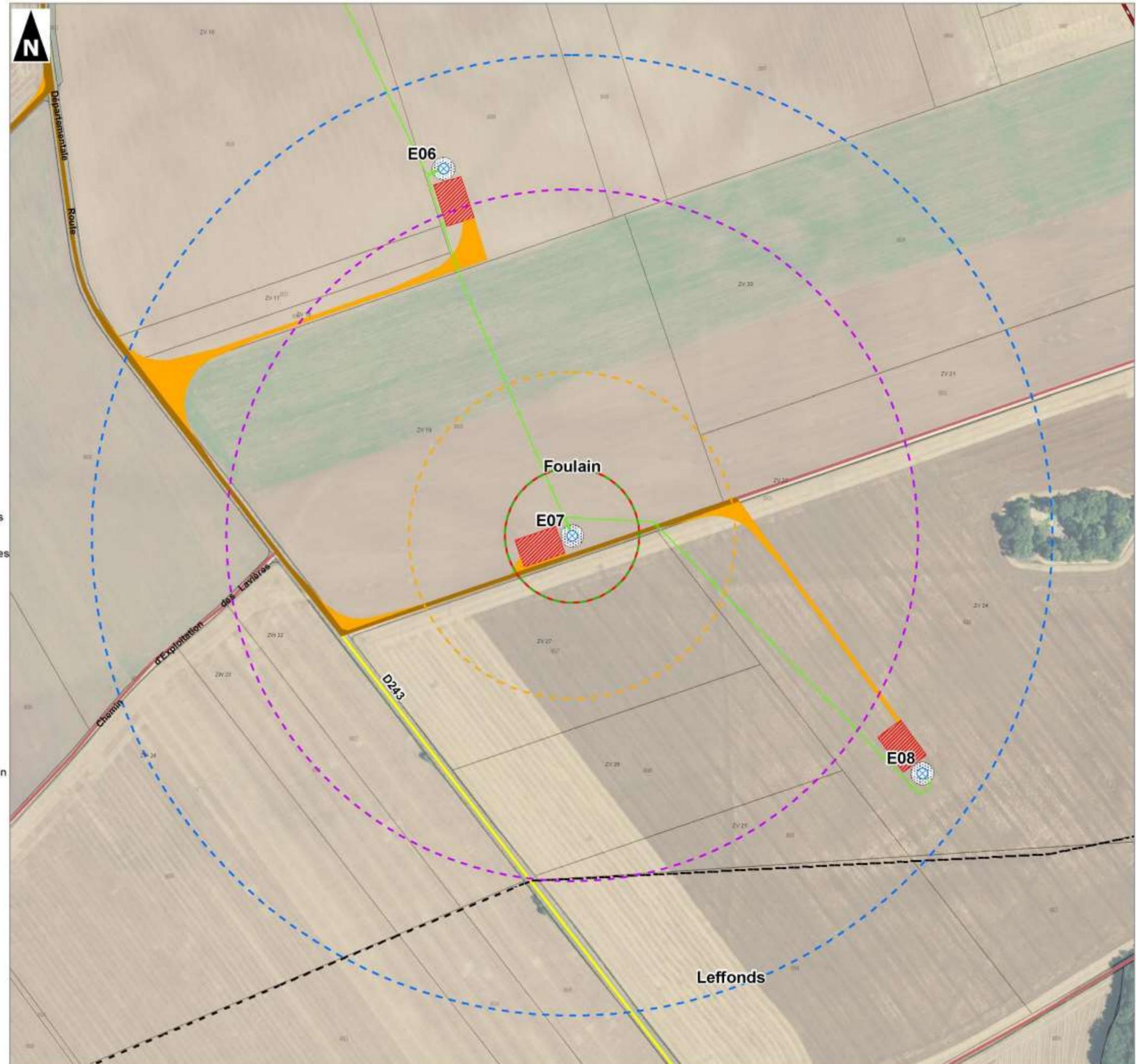
Carte des risques - Eolienne E07



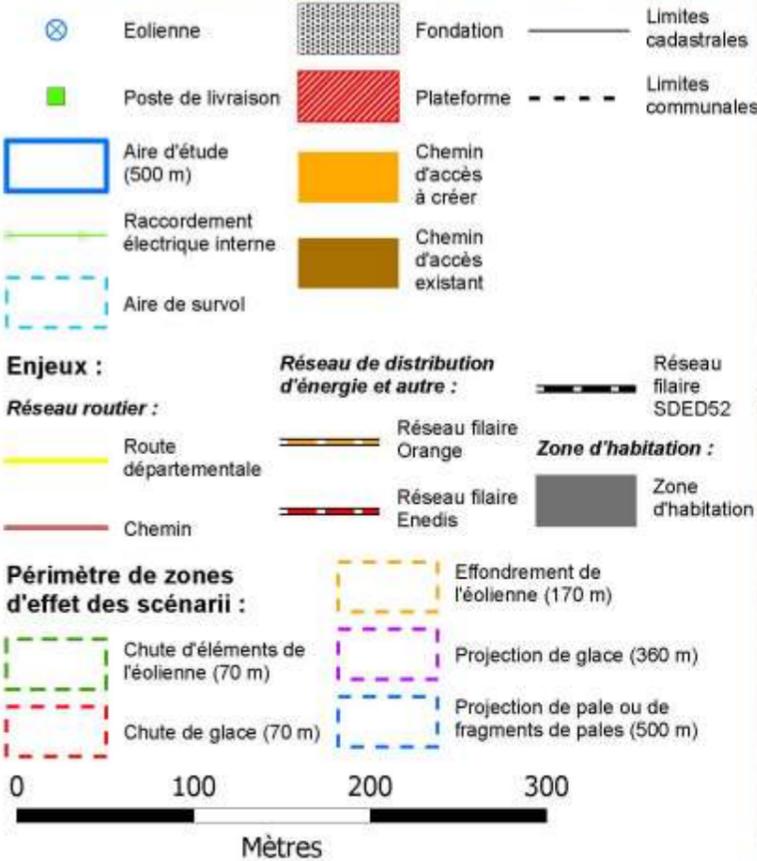
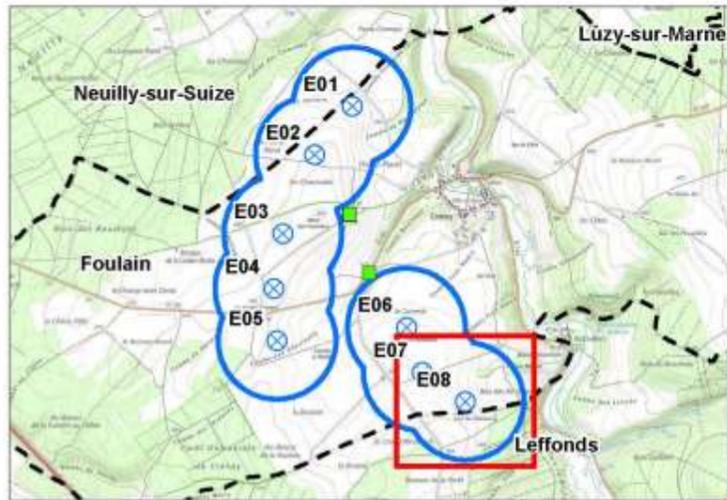
1:4 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

Réalisation : AUDDICÉ - 2018
Source de fond de carte : IGN, Scan 1000® - BD ORTHO [IGN 2016 Paris (Partenariat GéoGrandEst)
Sources de données : IGN BD Carto® - Enedis - Orange - Sded52 - Cadastre - WKN FRANCE - AUDDICÉ, 2018



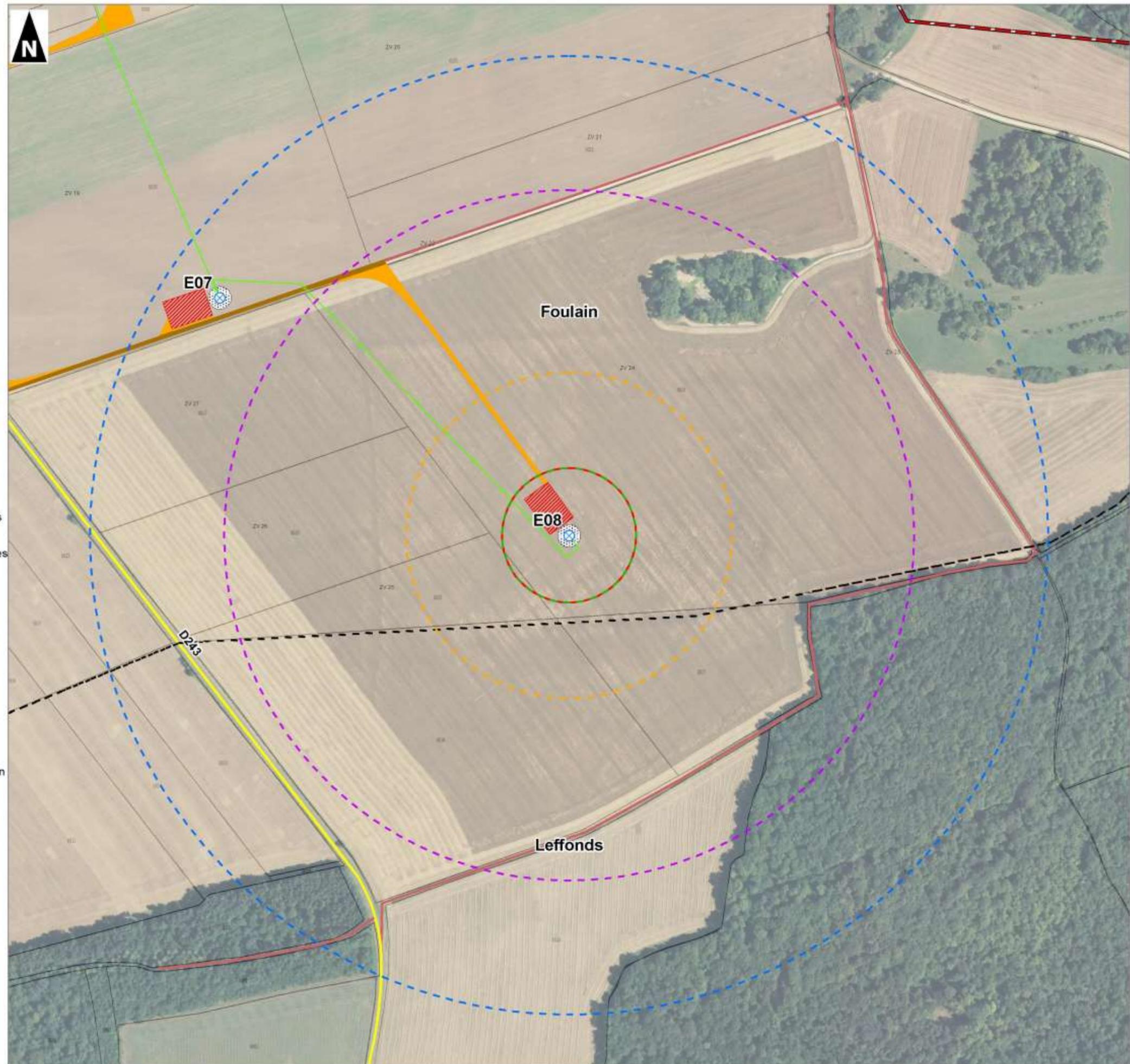
Carte des risques - Eolienne E08



1:4 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

Réalisation : AUDDICÉ - 2018
Source de fond de carte : IGN, Scan 1000[®] - BD ORTHO [IGN 2016 Paris (Partenariat GéoGrandEst)
Sources de données : IGN BD Carto[®] - Enedis - Orange - Sded52 - Cadastre - WKN FRANCE - AUDDICÉ, 2018



2.8.4 Synthèse de l'étude détaillée des risques

2.8.4.1 Tableaux de synthèse des scénarii étudiés

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 | Scénario | Zone d'effet | Cinétique | Intensité | Probabilité | Gravité |
|----------|-------------------------------|---|-----------|--------------------|--|-----------------------------------|
| S1 | Effondrement de l'éolienne | Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale Soit 170 m | Rapide | exposition forte | D (car éoliennes récentes) ⁸ | Sérieux pour toutes les éoliennes |
| S2 | Chute de glace | Zone de survol Soit 70 m | Rapide | exposition modérée | A | Modéré pour toutes les éoliennes |
| S3 | Chute d'élément de l'éolienne | Zone de survol Soit 70 m | Rapide | exposition forte | C | Sérieux pour toutes les éoliennes |
| S4 | Projection | 500 m autour de l'éolienne | Rapide | exposition modérée | D (car éoliennes récentes) ⁹ | Sérieux pour les autres éoliennes |
| S5 | Projection de glace | 1,5 x (H + D) autour de l'éolienne Soit 360 m | Rapide | exposition modérée | B | Modéré pour toutes les éoliennes |

Tableau 34. Synthèse de la cotation des risques – étude détaillée

Les scénarii ci-dessus sont repris dans la matrice d'acceptabilité (voir paragraphe suivant).

⁸ Voir paragraphe 2.8.2.1

⁹ Voir paragraphe 2.8.2.4

2.8.4.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques

Enfin, la dernière étape de l'étude détaillée des risques consiste à rappeler l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés.

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

Les scénarii étudiés dans ce chapitre précédant (§0) sont synthétisés dans la matrice de la circulaire :

| Conséquence | Classe de Probabilité | | | | |
|----------------|-----------------------|--------|----|----|----|
| | E | D | C | B | A |
| Désastreux | | | | | |
| Catastrophique | | | | | |
| Important | | | | | |
| Sérieux | | S1, S4 | S3 | | |
| Modéré | | | | S5 | S2 |

Tableau 35. Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010

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 ;
- certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans le chapitre 2.7.6 seront mises en place.

2.9 Conclusion

Après description de l'installation et de son environnement, il ressort que les potentiels de dangers d'un parc éolien sont relatifs :

- à des causes externes :
 - Présence d'ouvrages (voies de communications, réseaux) ;
 - Risques naturels (vents violents, foudre, mouvements de terrains, tremblements de terres, inondations) ;
- à des causes internes liées au fonctionnement des machines et aux produits utilisés :
 - Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, pale, 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).

Une analyse préliminaire des risques a été réalisée, basée d'une part sur l'accidentologie permettant d'identifier les accidents les plus courants et basée d'autre part sur une identification des scénarii d'accidents.

Pour chaque scénario d'accident, l'étude a procédé à une analyse systématique des mesures de maîtrise des risques.

Cinq catégories de scénarii sont ressorties de l'analyse préliminaire et font l'objet d'une étude détaillée des risques :

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

Ces scénarii regroupent plusieurs causes et séquences d'accident. Une cotation en intensité, probabilité, gravité et cinétique de ces événements permet de caractériser les risques pour toutes les séquences d'accidents.

Une recherche d'enjeux humains vulnérables a été réalisée dans chaque périmètre d'effet des cinq catégories d'accident, permettant de repérer les interactions possibles entre les risques et les enjeux.

La cotation en gravité et probabilité pour chacune des éoliennes permet de classer le risque de chaque scénario selon la grille de criticité employée et inspirée de la circulaire du 10 mai 2010.

Après analyse détaillée des risques, selon la méthodologie de la circulaire du 10 mai 2010, il apparaît qu'aucun scénario étudié ne ressort comme inacceptable.

L'exploitant a mis en œuvre des mesures adaptées pour maîtriser les risques :

- l'implantation permet d'assurer un éloignement suffisant des zones fréquentées,
- l'exploitant respecte les prescriptions générales de l'arrêté du 26 août 2011,
- les systèmes de sécurité des aérogénérateurs sont adaptés aux risques.

Les systèmes de sécurité des aérogénérateurs seront maintenus dans le temps et testés régulièrement en conformité avec la section 4 de l'arrêté du 26 août 2011.

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 actuelles.

CHAPITRE 3. ORGANISATION DU RESEAU ELECTRIQUE INTERNE

Ce chapitre résulte du point 18 de la liste de complétude du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale relative aux parcs éoliens.

Il convient d'y présenter : *les plans,*

Le schéma électrique unifilaire permettant de comprendre l'organisation du réseau interne,

Les informations précises et fiables sur les sections des câbles, leur nature et leur longueur.

3.1 Fonctionnement des réseaux de l'installation

3.1.1 Réseaux électriques internes

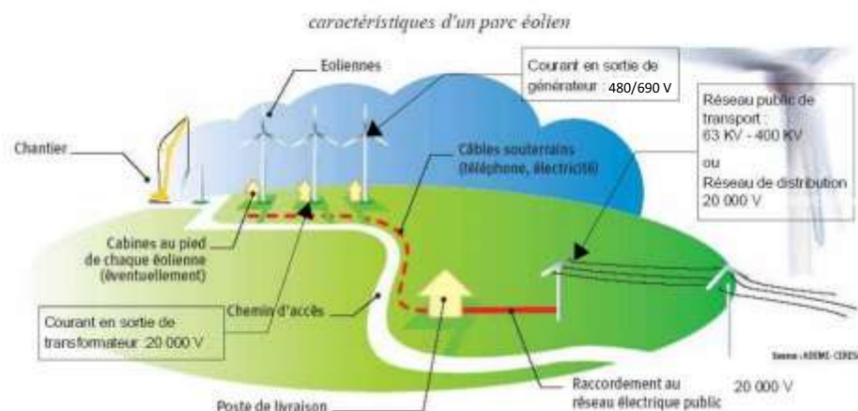


Figure 7. Schéma électrique d'un parc éolien (Source: ADEME)

3.1.1.1 Caractéristiques électriques des éoliennes

Les aérogénérateurs produisent un courant alternatif de 690 V. Afin de pouvoir délivrer cette production sur le réseau national d'électricité, cette tension sera élevée à 20 000 et chaque éolienne est ainsi équipée d'un transformateur 690 / 20 000 V. Le transformateur se trouve dans la nacelle (partie haute de la nacelle) ce qui évite toute emprise au sol supplémentaire.

3.1.1.2 Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur au poste de livraison. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.

Pour le projet **des Hauts Poiriers** l'itinéraire du raccordement interne du parc est indiqué sur les plans réglementaires. À noter que sa présence au sein des parcelles cultivées ne présente pas de contrainte particulière compte tenu de sa profondeur. Les installations électriques extérieures respecteront les normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009).

La mise à la terre s'effectue par un câble de cuivre parcourant la totalité du tracé assurant ainsi une prise de terre faible (inférieure à 2 Ohms) sécurisant les biens et les personnes en cas de défaut.

L'interconnexion entre les différents aérogénérateurs est assurée par des cellules électriques possédant des têtes de câbles isolées.

3.1.1.3 Postes de livraison

Les postes électriques ont pour fonction de centraliser l'énergie produite par toutes les éoliennes du parc, avant de l'acheminer vers le poste source du réseau électrique national.

Trois postes de livraison sont prévus pour le parc éolien **des Hauts Poiriers**. Ils mesurent 9 mètres sur 3 mètres et abrite les cellules de protection, de départ et d'arrivée destinées à l'injection de l'énergie produite vers le réseau public de distribution ainsi que si nécessaire un filtre 175 Hz destiné à atténuer la perturbation du parc éolien sur les signaux tarifaires du gestionnaire du réseau public de distribution.

3.1.1.4 Autres réseaux

Le parc éolien **des Hauts Poiriers** 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.

3.1.1.5 Raccordement externe au réseau HTA

Le raccordement d'un parc éolien résulte d'un accord entre le producteur et le gestionnaire du réseau sous l'égide de la Commission de Régulation de l'Electricité (CRE). Les lignes électriques à créer pour raccorder les éoliennes au réseau public de distribution ou de transport sont à la charge de l'opérateur ainsi que le renforcement des lignes électriques existantes. Les travaux seront réalisés par le gestionnaire du réseau qui en assurera la maîtrise d'ouvrage.

Le tracé et les caractéristiques de raccordement seront définis avec précision lors de la demande de PTF qui ne pourra s'effectuer après l'obtention de la présente autorisation environnementale.

Les postes sources les plus proches sont ceux de Chaumont (16 km) et Bassigny (22 km). **C'est le gestionnaire de réseau qui déterminera le poste source le plus adapté pour raccorder le projet des Hauts Poiriers.**

Le tracé et les caractéristiques du réseau inter-éolien sont présentés dans le Cahier n°4 - Plans réglementaires.

3.1.1.6 Respect des normes techniques

Conformément à l'article 6 du décret du 2 mai 2014 l'exploitant s'engage à respecter la conformité des liaisons électriques intérieures avec la réglementation technique en vigueur.

Les postes de livraison respecteront les normes suivantes : NFC 13-100, NFC 13-200 et NFC 15-100.

Les câbles respecteront la norme NFC 33 226 HTA (POPY).

3.1.1.7 Qualification du personnel

Le décret n°88-1056 du 14 novembre 1988 (consolidé au 22 juin 2001) pris pour l'exécution des dispositions du livre II du code du travail (titre III : Hygiène, sécurité et conditions du travail) en ce qui concerne la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques, indique dans la section VI les règles de protection des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques.

Le personnel sera qualifié pour l'intervention sur les équipements électriques.

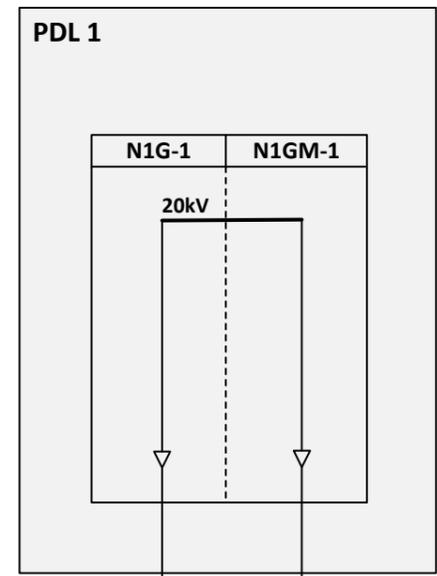
Le personnel en charge de l'installation des équipements sera conforme à la norme NFC 18-510 pour les installations basse tension et haute tension. Des formations concernent également le personnel qui travaille sur des opérations d'ordre non-électriques, dans le voisinage et la zone des installations électriques.

Au moment du chantier, un plan de prévention sera mis en place pour identifier par thèmes les risques liés au chantier et mettre en place des actions pour les éviter.

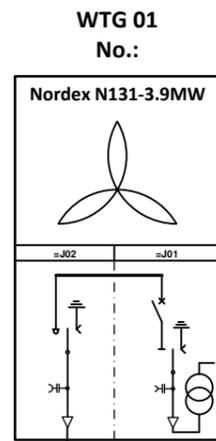
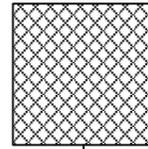
3.1.1.8 Synthèse des engagements

Dans tous les cas, le pétitionnaire s'engage à :

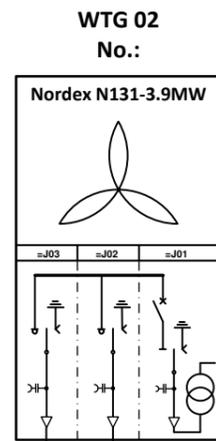
- Appliquer les prescriptions de l'arrêté technique du 17 mai 2011 (AT2001) fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions ;
- Diligenter un contrôle technique des travaux en application de l'article R.323-30 du code de l'énergie et de l'arrêté d'application du 14 janvier 2013 par le biais soit :
 - D'un organisme diagnostiqueur ;
 - D'une structure interne indépendante de la maîtrise d'ouvrage et de l'exploitation ;
 - D'un gestionnaire de réseau public et d'électricité ;
- Transmettre, conformément à l'article R.323-29 du code de l'énergie, au gestionnaire de réseaux public de distribution et d'électricité, les informations permettant à ce dernier d'enregistrer la présence des lignes privées dans sons SIG des ouvrages ;
- Se faire connaître auprès de l'INERIS qui gère le « guichet unique » 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 réseaux souterrains, aériens, subaquatiques de transport ou de distribution en lien avec l'AT2001.



Poste Source



Trafo
4300 kVA
20/0,66 kV
Ucc 6,74%
Dy5



Trafo
4300 kVA
20/0,66 kV
Ucc 6,74%
Dy5

NF C 33-226 1x 120mm² Alu 20kV
549m

NF C 33-226 1x 300mm² Alu 20kV
763m

| | | |
|--------------|-------|------------|
| Z.-Nr.: 0001 | Date | 16.02.2018 |
| | Draw | LRO |
| | Check | LRO |

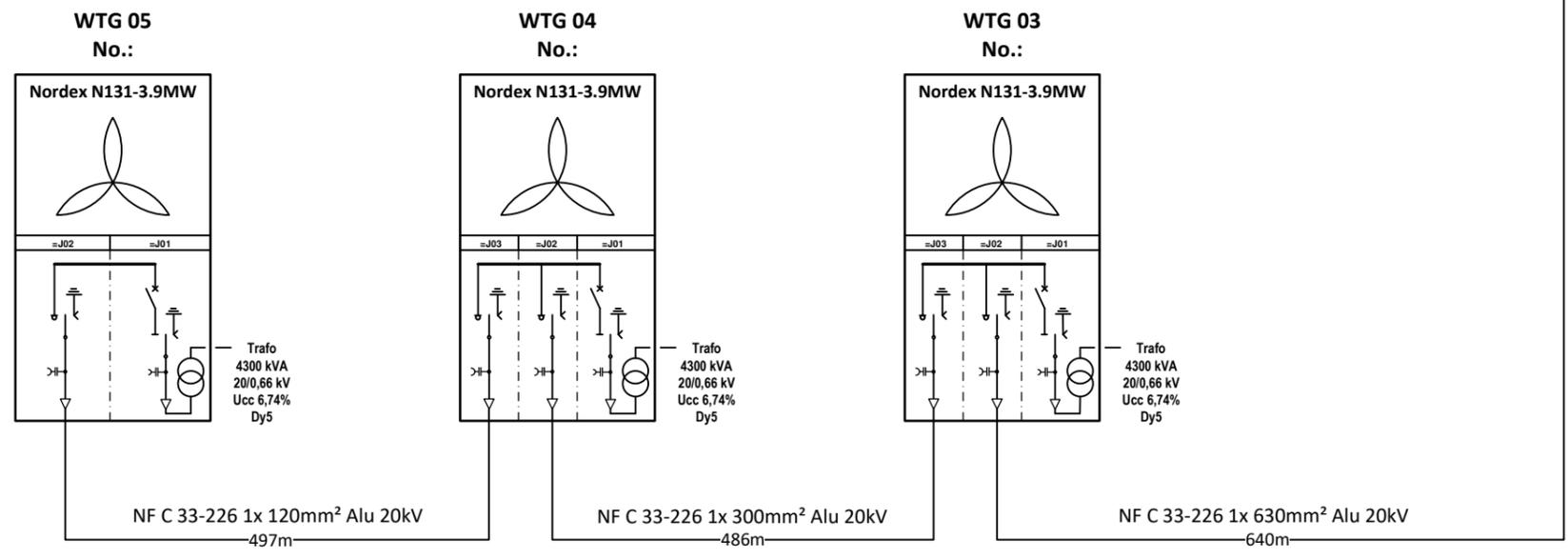
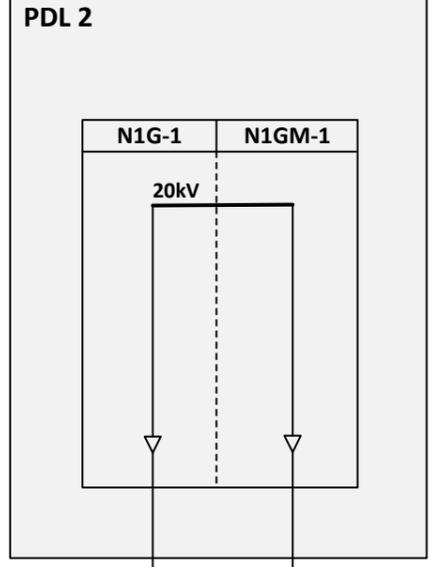
**Single Line Diagramm
PDL 1**

**2 x Nordex N131 – 3,9 MW
(7,8 MW)**

Foulain



Poste Source



| | | |
|--------------|-------|------------|
| Z.-Nr.: 0001 | Date | 16.02.2018 |
| | Draw | LRO |
| | Check | LRO |

Single Line Diagramm PDL 2

3 x Nordex N131 – 3,9 MW (11,7 MW)

Foulain



1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

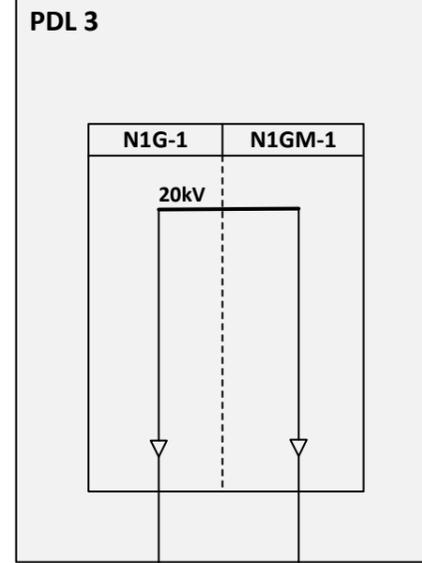
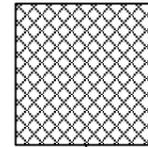
E

E

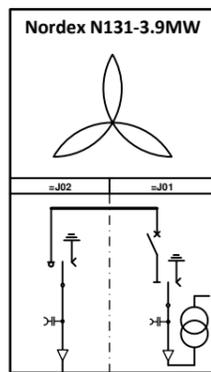
F

F

Poste Source



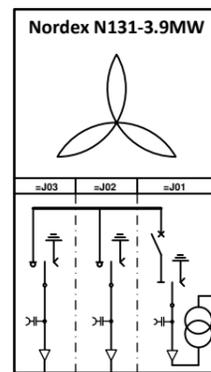
WTG 08
No.:



Trafo
4300 kVA
20/0,66 kV
Ucc 6,74%
Dy5

NF C 33-226 1x 120mm² Alu 20kV
541m

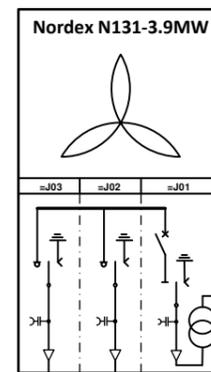
WTG 07
No.:



Trafo
4300 kVA
20/0,66 kV
Ucc 6,74%
Dy5

NF C 33-226 1x 300mm² Alu 20kV
422m

WTG 06
No.:



Trafo
4300 kVA
20/0,66 kV
Ucc 6,74%
Dy5

NF C 33-226 1x 630mm² Alu 20kV
633m

| | | |
|--------------|-------|------------|
| Z.-Nr.: 0001 | Date | 16.02.2018 |
| | Draw | LRO |
| | Check | LRO |

Single Line Diagramm
PDL 3

3 x Nordex N131 – 3,9 MW
(11,7 MW)

Foulain



1

2

3

4

5

6

7

8

CHAPITRE 4. BIBLIOGRAPHIE

- [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 Gütisch : 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., Leteurtris 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.

CHAPITRE 5. ANNEXES

Annexe 1 – Annexe au guide technique INERIS

ANNEXE A – MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ POTENTIELLE D'UN ACCIDENT À PROXIMITÉ D'UNE ÉOLIENNE

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

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation (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 B – 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 |
|-----------------|---------------|---------------------------|-------------|-------------------|--------------------------|---------------------|--|--|---|---|
| Effondrement | Novembre 2000 | Port la Nouvelle | Aude | 0,5 | 1993 | Non | Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête) | Tempête avec foudre répétée | Rapport du CGM Site Vent de Colère | - |
| Rupture de pale | 2001 | Sallèles-Limousis | Aude | 0,75 | 1998 | Non | Bris de pales en bois (avec inserts) | ? | Site Vent de Colère | Information peu précise |
| Effondrement | 01/02/2002 | Wormhout | Nord | 0,4 | 1997 | Non | Bris d'hélice et mât plié | Tempête | Rapport du CGM Site Vent du Bocage | - |
| Maintenance | 01/07/2002 | Port la Nouvelle – Sigean | Aude | 0,66 | 2000 | Oui | Grave électrisation avec brûlures d'un technicien | Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique. | Rapport du CGM | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Effondrement | 28/12/2002 | Névian - Grande Garrigue | Aude | 0,85 | 2002 | Oui | Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage | Tempête + dysfonctionnement du système de freinage | Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre) | - |

| Type d'accident | Date | Nom du parc | Département | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) de l'information | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|----------------------------|------------|-------------------------------------|---------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|--|--|---|
| Rupture de pale | 25/02/2002 | Sailières-Limousis | Aude | 0,75 | 1998 | Non | Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale | Tempête | Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003) | Information peu précise |
| Rupture de pale | 05/11/2003 | Sailières-Limousis | Aude | 0,75 | 1998 | Non | Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m. | Dysfonctionnement du système de freinage | Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003) | - |
| Effondrement | 01/01/2004 | Le Portel – Boulogne sur Mer | Pas de Calais | 0,75 | 2002 | Non | Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km. | Tempête | Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004) | - |
| Effondrement | 20/03/2004 | Loon Plage – Port de Dunkerque | Nord | 0,3 | 1996 | Non | Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation | Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10) | Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004) | - |
| Rupture de pale | 22/06/2004 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère | 0,3 | 2001 | Non | Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact | Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage) | Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004) | - |
| Rupture de pale | 08/07/2004 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère | 0,3 | 2001 | Non | Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50m, mât intact | Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage) | Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004) | Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant |
| Rupture de pale | 2004 | Escalles-Conilhac | Aude | 0,75 | 2003 | Non | Bris de trois pales | Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage | Site Vent de Colère | Information peu précise |
| Rupture de pale + incendie | 22/12/2004 | Montjoyer-Rochefort | Drôme | 0,75 | 2004 | Non | Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min) | Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage | Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère | - |

5 / 18

| Type d'accident | Date | Nom du parc | Département | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) de l'information | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|-----------------|------------|-------------------------------------|-------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|--|--|---|
| Rupture de pale | 2005 | Wormhout | Nord | 0,4 | 1997 | Non | Bris de pale | Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc | Site Vent de Colère | Information peu précise |
| Rupture de pale | 08/10/2006 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère | 0,3 | 2004 | Non | Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes | 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. | Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3 | - |
| Incendie | 18/11/2006 | Roquetaillade | Aude | 0,66 | 2001 | Oui | Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle. | Malveillance / incendie criminel | Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre) | - |
| Effondrement | 03/12/2006 | Bondues | Nord | 0,08 | 1993 | Non | Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle | Tempête (vents mesurés à 137Kmh) | Article de presse (La Voix du Nord) | - |
| Rupture de pale | 31/12/2006 | Ally | Haute-Loire | 1,5 | 2005 | Oui | Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors | Accident faisant suite à une opération de maintenance | Site Vent de Colère | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier) |
| Rupture de pale | 03/2007 | Clitourps | Manche | 0,66 | 2005 | Oui | Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ | Cause pas éclaircie | Site FED Interne exploitant | - |
| Chute d'élément | 11/10/2007 | Plouvien | Finistère | 1,3 | 2007 | Non | Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre) | Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation. | Article de presse (Le Télégramme) | - |

6 / 18

| 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 |
|-----------------|------------|-------------------------------|-------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|---|--|--|
| Emballlement | 03/2008 | Dinéault | Finistère | 0,3 | 2002 | Non | Emballlement de l'éolienne mais pas de bris de pale | Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant) | Base de données ARIA | Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes) |
| Collision avion | 04/2008 | Plouguin | Finistère | 2 | 2004 | Non | Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection. | Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse) | Articles de presse (Le Télégramme, Le Post) | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique) |
| Rupture de pale | 19/07/2008 | Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée | Meuse | 2 | 2007 | Oui | Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre | Foudre + défaut de pale | Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008) | - |
| Incendie | 28/08/2008 | Vauvillers | Somme | 2 | 2006 | Oui | Incendie de la nacelle | Problème au niveau d'éléments électroniques | Dépêche AFP 28/08/2008 | - |
| Rupture de pale | 26/12/2008 | Raival - Voie Sacrée | Meuse | 2 | 2007 | Oui | Chute de pale | | Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain) | - |
| Maintenance | 26/01/2009 | Clastres | Aisne | 2,75 | 2004 | Oui | Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance | Accident électrique (explosion d'un convertisseur) | Base de données ARIA | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Rupture de pale | 08/06/2009 | Bollène | Vaucluse | 2,3 | 2009 | Oui | Bout de pale d'une éolienne ouvert | Coup de foudre sur la pale | Interne exploitant | Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée) |

7 / 18

| 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 | 21/10/2009 | Froidfond - Espinassière | Vendée | 2 | 2006 | Oui | Incendie de la nacelle | Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ? | Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED | - |
| Incendie | 30/10/2009 | Freyssenet | Ardèche | 2 | 2005 | Oui | Incendie de la nacelle | Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique) | Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné) | - |
| Maintenance | 20/04/2010 | Touffiers | Nord | 0,15 | 1993 | Non | Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance | Crise cardiaque | Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010) | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Effondrement | 30/05/2010 | Port la Nouvelle | Aude | 0,2 | 1991 | Non | Effondrement d'une éolienne | Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble. | Interne exploitant | - |
| Incendie | 19/09/2010 | Montjoyer-Rochefort | Drôme | 0,75 | 2004 | Non | Emballlement de deux éoliennes et incendie des nacelles. | Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min | Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE | - |

8 / 18

ANNEXE C – SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans 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 détection de glace
- Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor
- Arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

① Note : Si les enjeux principaux seront principalement humains, il conviendra d'évoquer les enjeux matériels, avec la présence éventuelle d'éléments internes au parc éolien (poste de livraisons, sous-stations), ou extérieurs sous le surplomb de la machine.

Scénario G02

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

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

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.

| Type d'accident | Date | Nom du parc | Département | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) de l'information | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|-----------------|------------|---------------------|------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|----------------------------------|---|---|
| Maintenance | 15/12/2010 | Pouillé-les-Côteaux | Loire Atlantique | 2,3 | 2010 | Oui | Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave. | | Interne SER-FEE | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Transport | 31/05/2011 | Mesvres | Saône-et-Loire | - | - | - | Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau. Aucun blessé. | | Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011) | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien) |
| Rupture de pale | 14/12/2011 | Non communiqué | Non communiqué | 2,5 | 2003 | Oui | Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m. | Foudre | Interne exploitant | Information peu précise sur la distance d'effet |
| Incendie | 03/01/2012 | Non communiqué | Non communiqué | 2,3 | 2006 | Oui | Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour. | Malveillance / incendie criminel | Interne exploitant | Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie) |
| Rupture de pale | 05/01/2012 | Widehem | Pas-de-Calais | 0,75 | 2000 | Non | Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne). | Tempête + panne d'électricité | Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant | - |

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Les solutions aux pertes d'utilités étant diverses, les porteurs de projets pourront apporter dans leur étude de 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'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

Scénario P01

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

Scénario P02

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

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

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

Scénarios P03

Un mauvais serrage de base ou le desserrage avec le temps des 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 D – 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_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

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

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

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

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

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

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

| 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 5 –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 : Evénement 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.

Evénement initiateur : Evénement, 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux

sont effectivement exposées, 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 1 : Tableau de l'accidentologie française

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide d'élaboration des études de dangers des parcs éoliens en 2011, puis actualisé par le pétitionnaire. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et décembre 2019. L'analyse de ces données est présentée dans 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 |
|----------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|-------------------|--------------------------|---------------------|--|--|---|---|
| Effondrement | Novembre 2000 | Port la Nouvelle | Aude | 0,5 | 1993 | Non | Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête) | Tempête avec foudre répétée | Rapport du CGM Site Vent de Colère | - |
| Rupture de pale | 2001 | Sallèles-Limousis | Aude | 0,75 | 1998 | Non | Bris de pales en bois (avec inserts) | ? | Site Vent de Colère | Information peu précise |
| Effondrement | 01/02/2002 | Wormhout | Nord | 0,4 | 1997 | Non | Bris d'hélice et mât plié | Tempête | Rapport du CGM Site Vent du Bocage | - |
| Maintenance | 01/07/2002 | Port la Nouvelle – Sigean | Aude | 0,66 | 2000 | Oui | Grave électrisation avec brûlures d'un technicien | Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique. | Rapport du CGM | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Effondrement | 28/12/2002 | Névian - Grande Garrigue | Aude | 0,85 | 2002 | Oui | Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage | Tempête + dysfonctionnement du système de freinage | Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre) | - |
| Rupture de pale | 25/02/2002 | Sallèles-Limousis | Aude | 0,75 | 1998 | Non | Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale | Tempête | Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003) | Information peu précise |
| Rupture de pale | 05/11/2003 | Sallèles-Limousis | Aude | 0,75 | 1998 | Non | Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m. | Dysfonctionnement du système de freinage | Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003) | - |
| Effondrement | 01/01/2004 | Le Portel – Boulogne sur Mer | Pas de Calais | 0,75 | 2002 | Non | Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km. | Tempête | Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004) | - |
| Effondrement | 20/03/2004 | Loon Plage – Port de Dunkerque | Nord | 0,3 | 1996 | Non | Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation | Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10) | Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004) | - |
| Rupture de pale | 22/06/2004 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère | 0,3 | 2001 | Non | Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact | Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage) | Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004) | - |
| Rupture de pale | 08/07/2004 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère | 0,3 | 2001 | Non | Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mât intact | Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage) | Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004) | Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant |
| Rupture de pale | 2004 | Escales-Conilhac | Aude | 0,75 | 2003 | Non | Bris de trois pales | | Site Vent de Colère | Information peu précise |
| Rupture de pale + incendie | 22/12/2004 | Montjoyer-Rochefort | Drôme | 0,75 | 2004 | Non | Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min) | Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage | Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère | - |
| Rupture de pale | 2005 | Wormhout | Nord | 0,4 | 1997 | Non | Bris de pale | | Site Vent de Colère | Information peu précise |

| Type d'accident | Date | Nom du parc | Département | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) de l'information | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|-----------------|------------|-------------------------------------|-------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|---|---|--|
| Rupture de pale | 08/10/2006 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère | 0,3 | 2004 | Non | Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes | Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc | Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3 | - |
| Incendie | 18/11/2006 | Roquetaillade | Aude | 0,66 | 2001 | Oui | Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mât qui s'est propagé jusqu'à la nacelle. | Malveillance / incendie criminel | Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre) | - |
| Effondrement | 03/12/2006 | Bondues | Nord | 0,08 | 1993 | Non | Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle | Tempête (vents mesurés à 137Kmh) | Article de presse (La Voix du Nord) | - |
| Rupture de pale | 31/12/2006 | Ally | Haute-Loire | 1,5 | 2005 | Oui | Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors | Accident faisant suite à une opération de maintenance | Site Vent de Colère | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier) |
| Rupture de pale | 03/2007 | Clitourps | Manche | 0,66 | 2005 | Oui | Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ | Cause pas éclaircie | Site FED Interne exploitant | - |
| Chute d'élément | 11/10/2007 | Plouvien | Finistère | 1,3 | 2007 | Non | Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre) | Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation. | Article de presse (Le Télégramme) | - |
| Emballement | 03/2008 | Dinéault | Finistère | 0,3 | 2002 | Non | Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale | Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant) | Base de données ARIA | Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes) |
| Collision avion | 04/2008 | Plouguin | Finistère | 2 | 2004 | Non | Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection. | Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse) | Articles de presse (Le Télégramme, Le Post) | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique) |
| Rupture de pale | 19/07/2008 | Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée | Meuse | 2 | 2007 | Oui | Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre | Foudre + défaut de pale | Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008) | - |
| Incendie | 28/08/2008 | Vauvillers | Somme | 2 | 2006 | Oui | Incendie de la nacelle | Problème au niveau d'éléments électroniques | Dépêche AFP 28/08/2008 | - |
| Rupture de pale | 26/12/2008 | Raival - Voie Sacrée | Meuse | 2 | 2007 | Oui | Chute de pale | | Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain) | - |
| Maintenance | 26/01/2009 | Clastres | Aisne | 2,75 | 2004 | Oui | Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance | Accident électrique (explosion d'un convertisseur) | Base de données ARIA | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Rupture de pale | 08/06/2009 | Bollène | Vaucluse | 2,3 | 2009 | Oui | Bout de pale d'une éolienne ouvert | Coup de foudre sur la pale | Interne exploitant | Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée) |
| Incendie | 21/10/2009 | Froidfond - Espinassière | Vendée | 2 | 2006 | Oui | Incendie de la nacelle | Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ? | Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED | - |
| Incendie | 30/10/2009 | Freyssenet | Ardèche | 2 | 2005 | Oui | Incendie de la nacelle | Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique) | Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné) | - |

| Type d'accident | Date | Nom du parc | Département | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) de l'information | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|-----------------|------------|---------------------|------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|---|---|---|
| Maintenance | 20/04/2010 | Toufflers | Nord | 0,15 | 1993 | Non | Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance | Crise cardiaque | Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010) | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Effondrement | 30/05/2010 | Port la Nouvelle | Aude | 0,2 | 1991 | Non | Effondrement d'une éolienne | Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble. | Interne exploitant | - |
| Incendie | 19/09/2010 | Montjoyer-Rochefort | Drôme | 0,75 | 2004 | Non | Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles. | Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min | Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE | - |
| Maintenance | 15/12/2010 | Pouillé-les-Côteaux | Loire Atlantique | 2,3 | 2010 | Oui | Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave. | | Interne SER-FEE | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Transport | 31/05/2011 | Mesvres | Saône-et-Loire | - | - | - | Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé | | Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011) | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien) |
| Rupture de pale | 14/12/2011 | Non communiqué | Non communiqué | 2,5 | 2003 | Oui | Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m. | Foudre | Interne exploitant | Information peu précise sur la distance d'effet |
| Incendie | 03/01/2012 | Non communiqué | Non communiqué | 2,3 | 2006 | Oui | Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour. | Malveillance / incendie criminel | Interne exploitant | Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie) |
| Rupture de pale | 05/01/2012 | Widehem | Pas-de-Calais | 0,75 | 2000 | Non | Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne). | Tempête + panne d'électricité | Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant | - |
| Maintenance | 06/02/2012 | Lehaucourt | Aisne | 2,5 | 2007 | Non | Un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). | Arc électrique | | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Rupture de pale | 11/04/2012 | Sigean | Aude | 0,66 | 2000 | Non | Les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m | Foudre | | |

| Type d'accident | Date | Nom du parc | Département | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) de l'information | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|-----------------|------------|-------------------------|--------------|-------------------|--------------------------|---------------------|--|--|----------------------------|---|
| Chute de pale | 18/05/2012 | Chemin d'Ablis | Eure et Loir | 2 | 2008 | Non | L'équipe de maintenance d'astreinte constate à 8 h la chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et la rupture du roulement qui raccordait la pale au hub. | Corrosion et fort vent. | Actu-environnement | - |
| Effondrement | 30/05/2012 | Port-la-Nouvelle | Aude | 0,2 | 1991 | non | Des rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. | Vents forts | | |
| Chute d'élément | 01/11/2012 | Vieillespesse | Cantal | 2,5 | 2011 | non | Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc | | | |
| Incendie | 05/11/2012 | Sigean | Aude | 0,66 | 2000 | Non | Un feu se déclare sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien. Des projections incandescentes enflamment 80 m ² de garrigue environnante. A la suite de la chute d'une pale, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place. | Court-circuit dans l'armoire électrique en pied d'éolienne | | |
| Rupture de pale | 06/03/2013 | Conilhac-de-la-Montagne | Aude | 0,66 | 2001 | Non | A la suite d'un défaut de vibration détecté, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât. | Echauffement du frein et vitesse de rotation excessive | | |
| Incendie | 17/03/2013 | Euvy | Marne | 2,5 | 2011 | Non | Un feu dans la nacelle d'une éolienne Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols | Défaillance électrique | | |
| Rupture de pale | 20/06/2013 | Labastide-sur-Besorgues | Ardèche | 0,9 | 2008 | Non | Un impact de foudre endommage une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. | foudre | | |
| Maintenance | 01/07/2013 | Cambon-et-Salvergues | Hérault | 1,3 | 2006 | Non | Au cours d'une opération de maintenance dans le hub d'une éolienne (nez qui sert de local technique), un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient. | Dépressurisation d'un accumulateur d'azote sous pression | | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Maintenance | 03/08/2013 | Moreac | Morbihan | - | - | - | Perte de 270 L d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance. 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée. | Défaillance technique | Base ARIA | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Incendie | 09/01/2014 | Antheny | Ardennes | 2,5 | 2013 | Non | Départ de feu en nacelle à 18h. Suite à l'isolement électrique du parc éolien le feu s'éteint de lui-même à 20h. Le rotor est resté intact mais la nacelle a été détruite, balisage aéronautique inclus. L'aviation civile en a donc été informée. L'éolienne fut par la suite démantelée. | Incident électrique | Base ARIA et presse | - |

| Type d'accident | Date | Nom du parc | Département | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) de l'information | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|------------------|------------|---------------------------|---------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|--|-------------------------------|---|
| Rupture de pale | 14/11/2014 | Saint-Cirgues-en-Montagne | Ardèche | 2,05 | 2011 | Non | La pale d'une éolienne chute lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne. Certains débris sont projetés à 150 m. | Tempête | | |
| Rupture de pale | 05/12/2014 | Fitou | Aude | 1,3 | 2002 | Non | A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérovein de la pale | Défaillance matérielle ou décollage sur les plaques de fibre de verre | | |
| Incendie | 29/01/2015 | Remigny | Aisne | 2,3 | 2015 | Oui | Un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. | Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance | | |
| Incendie | 06/02/2015 | Lusseray | Deux-Sèvres | 2 | 2011 | Non | Un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. | Défaillance électrique | | |
| Incendie | 24/08/2015 | Santilly | Eure-et-Loire | 2,5 | 2007 | Non | Un feu se déclare sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur. | | | |
| Chute de pales | 10/11/2015 | Ménil-la-Horgne | Meuse | 1,5 | 2007 | Non | Chute d'un rotor et des trois pales au pied de l'éolienne. | « Défaut dans l'arbre primaire à l'origine de la rupture » du rotor et des pales. | Est Républicain | - |
| Chute d'éléments | 07/02/2016 | Conilhac-Corbieres | Aude | 2.3 | 2014 | Non | Rupture et chute au sol de l'aérovein de l'une des pales. Arrêt à distance de l'ensemble du parc suivi d'une campagne de contrôle des pales, aéroveins et chaînes de sécurité de chaque éolienne. | Rupture d'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérovein entraînant l'ouverture de l'aérovein. Rupture de l'axe maintenant l'aérovein à la pale en raison des fortes charges présentes sur le rotor | Base ARIA | |
| Rupture de pale | 08/02/2016 | Dineault | Finistère | 0,3 | 1999 | Non | Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne. Une pale chute au sol et une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat. | Tempête | | |
| Chute de pale | 05/03/2016 | Calanhel | Côtes d'Armor | 0,85 | 2009 | Non | Chute de la pale au sol après une nuit de fort vent. Aucun blessé à déplorer, ni homme ni animaux | Défaillance du système d'orientation de la pale | L'Echo de l'Armor et l'Argoat | - |
| Maintenance | 28/05/2016 | Janville | Eure-et-Loire | 2,3 | 2005 | Non | un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol. | Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse | | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |

| 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 | 10/08/2016 | Hescamps | Somme | 1 | 2008 | Non | Un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. | Défaillance électrique | | |
| Incendie | 18/08/2016 | Dargies | Oise | 2 | 2014 | Non | Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut | Défaillance électrique | | |
| Maintenance | 14/09/2016 | Les Grandes Chapelles | Aube | 2,3 | 2009 | Non | Un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne | | | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance) |
| Fissure sur une pale | 11/01/2017 | Le Quesnoy | Nord | - | - | - | Une fissure est constatée sur une pale. L'exploitant arrête l'installation. Réparation de la pale en place. | | Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne » | |
| Rupture de pale | 12/01/2017 | Tuchan | Aude | 0,6 | 2002 | Non | Lors d'un épisode de vents violents (25m/s) les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. Des morceaux de fibre de carbone sont récupérés à 40 m de l'éolienne. L'éolienne était à l'arrêt pour maintenance suite à la casse de son arbre lent. | Tempête | Base ARIA BARPI, mot clef « mat » | |
| Chute d'une pale | 18/01/2017 | Nurlu | Somme | - | - | - | Rupture de 2/3 de la pale. Des débris sont retrouvés à 90 m du mat, les débris les plus lourds sont à moins de 27 m. L'accident est constaté par un particulier. L'exploitant arrête les machines, met le site en sécurité et met en place un périmètre de sécurité autour de la zone. | Tempête | Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne » | |
| Rupture de pale | 27/02/2017 | Lavallée | Meuse | 0,2 | | | La pointe d'une pale d'éolienne se rompt L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne | Un orage violent | | |
| Rupture de pale | 27/02/2017 | Trayes | Deux-Sèvres | | | | Les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m. | Impact de la foudre et vent violent | | |
| Incendie | 06/06/2017 | - | Eure et Loir | - | - | - | Un incendie se déclare dans la nacelle d'une éolienne. L'incendie s'éteint seul, à la fin de la combustion de la nacelle. L'incendie a été causé par un défaut électrique dans la nacelle. | Défaut électrique | Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne » | |
| Rupture de pale | 08/06/2017 | - | Charente | - | - | - | Chute d'une partie d'une pale d'une éolienne suite à un impact de foudre (à 35 cm de l'extrémité, il a entraîné la rupture du bord de fuite puis une déchirure du fragment). Les débris sont tombés dans une zone de 50 à 100m autour du mât de l'éolienne. | Impact de foudre | Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne » | |

| Type d'accident | Date | Nom du parc | Département | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) de l'information | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|--------------------|------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|---|---|---|
| Chute de pale | 24/06/2017 | - | Pas de calais | - | - | - | Rupture d'une pale d'une éolienne au niveau de la jonction avec le rotor. La pale chute à la verticale, au pied du mat. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m. | | Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne » | |
| Chute d'éléments | 17/07/2017 | - | Seine-Maritime | - | - | - | Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne au pied du mât de 49 m. L'aérofrein défectueux est remplacé. L'exploitant conclut que le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine. | Desserrage d'une vis anti rotation ayant entraîné la chute de l'aérofrein Problème de montage ou vibration | Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne » | |
| Rupture d'une pale | 05/08/2017 | - | Aisne | - | - | - | Une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. | - | Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne » | |
| Effondrement | 03/01/2018 | Bouin | Vendée | 2,5 | 2003 | Non | Suite au passage de la tempête Carmen, l'une des éoliennes du parc a été fracturée à la base de son mât ce qui a entraîné l'effondrement total de l'aérogénérateur. | Tempête Carmen | Ouest-France | |
| Rupture d'une pale | 04/01/2018 | Rampont 1 | Nixéville-Blécourt | 2.0 | 2008 | - | L'extrémité d'une pale d'éolienne se rompt et tombe au sol. | Episode venteux | https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/50905/ | |
| Rupture d'une pale | 10/04/2018 | Dio-et-Valquières | Hérault | 1,7 | 2006 | Non | La pale d'une éolienne s'est tordue jusqu'à casser sous l'effet d'un orage de pluie et de grêle. | Probablement vent violent ou foudre. | https://france3-regions.francetvinfo.fr | |
| Incendie éolienne | 01/06/2018 | Marsanne | Drôme | 2.0 | 2008 | | Une éolienne a été entièrement détruite par l'incendie volontaire, et une deuxième semble avoir été également visée par une tentative de mise à feu | Acte criminel | https://www.francebleu.fr | |
| Incendie éolienne | 03/08/2018 | Izenave | Ain | 2.0 | 2018 | Oui | Une éolienne a été endommagée par l'incendie volontaire. Le feu a totalement ravagé une nacelle d'éolienne. | Acte criminel | https://france3-regions.francetvinfo.fr/auvergne-rhone-alpes/ain/bourg-bresse/incendie-parc-eolien-monts-ain-nouvel-acte-volontaire-1521548.html | |
| Incendie éolienne | 28/09/2018 | Sauveterre | Tarn | 2.0 | 2009 | Non | L'accident a provoqué la destruction du rotor d'une éolienne et d'une pale, ainsi que de 4 hectares de broussailles situés au-dessous. | EDF EN communique sur un dysfonctionnement électrique. La piste criminelle est étudiée, une enquête a été lancée. | https://france3-regions.francetvinfo.fr/occitanie/tarn/albi/tarn-eolienne-partie-brulee-incendie-1549324.html | |
| Effondrement | 06/11/2018 | La Mardelle | Loiret | 3.0 | 2010 | Oui | Une des éoliennes du parc s'est effondrée. La réhausse en béton n'a pas été touchée. | Défaillance mécanique menant à une rotation trop rapide des pales, ce qui a provoqué une surcharge. | https://www.francebleu.fr/infos/climat-environnement/eolienne-effondree-en-beauce-c-etait-un-probleme-mecanique-1545320529 | |

| 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 éolienne | 03/01/2019 | La Limouzinière | Loire Atlantique | 2.05 | 2010 | Oui | Le moteur de l'éolienne a pris feu. Le feu a endommagé la nacelle. | | https://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/nantes-44000/au-sud-de-nantes-le-moteur-d-une-eolienne-prend-feu-6157734 | |
| Rupture d'une pale | 17/01/2019 | Bambesch | Moselle | 2.0 | 2007 | | Bris et projection de morceaux de pales. | | https://www.republicain-lorrain.fr/edition-de-saint-avold-creutzwald/2019/01/30/bambiderstroff-parc-eolien-a-l-arret-suite-a-la-chute-d-un-bout-de-pale | |
| Effondrement | 23/01/2019 | Boutavent | Oise | 1.0 | 2011 | Oui | Lors d'une coupure de réseau, les pâles ne se sont pas mises en drapeau alors que le système de freinage était éteint, entraînant survitesse jusqu'à ce qu'une des pales commence à se délaminer, provoquant un balourd suffisant pour fatiguer le mât au point de finir par le plier en deux | Défaillance menant à une rotation trop rapide des pales, ce qui a provoqué une surcharge | http://www.courrier-picard.fr/161828/article/2019-01-23/le-mat-dune-eolienne-se-plie-en-deux https://actu.fr/hauts-de-france/boutavent_60096/le-mat-dune-eolienne-se-casse-deux-dans-loise-debris-retrouves-dans-rayon-300-m_21026616.html | |
| Chute de pale | 30/01/2019 | Roquetaillade | Aude | 0.8 | 2008 | Oui | Une pale d'éolienne se rompt et chute au sol | | https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53139/ | |
| Incendie | 25/06/2019 | Ambon | Morbihan | 1.67 | 2008 | Non | Un incendie s'est déclenché dans la nacelle de l'éolienne à la suite d'une opération de maintenance au niveau du tableau électrique. | Un court-circuit s'est produit dans la nacelle. | https://france3-regions.francetvinfo.fr/bretagne/morbihan/vannes/ambon-eolienne-80-m-feu-1690654.html https://www.ouest-france.fr/bretagne/vannes-56000/morbihan-le-feu-d-eolienne-d-origine-accidentelle-6417997 | |