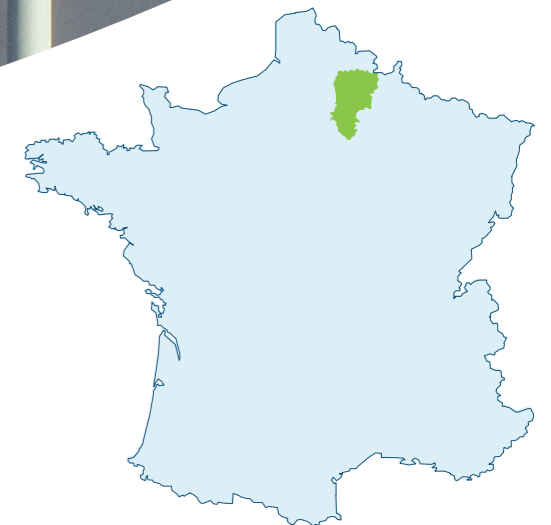


PARC ÉOLIEN DES CHAMPS DOLENTS

ETUDE DE DANGER ET SON RÉSUMÉ NON-TECHNIQUE

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE)



Assemblage de l'étude



Parc des Moulins
23 avenue de la Créativité
59493 Villeneuve d'Ascq

Étude environnementale



Étude chiroptères



Étude paysagère



4 place du 8 Mai 1945
59780 Willems

Étude acoustique



22-24 rue Lavoisier
Bâtiment A – 1^{er} étage
92000 Nanterre

Communes de Joncourt, Estrées & Magny-la-Fosse

Département de l'Aisne (02)

LE PROJET EOLIEN DES CHAMPS DOLENTS

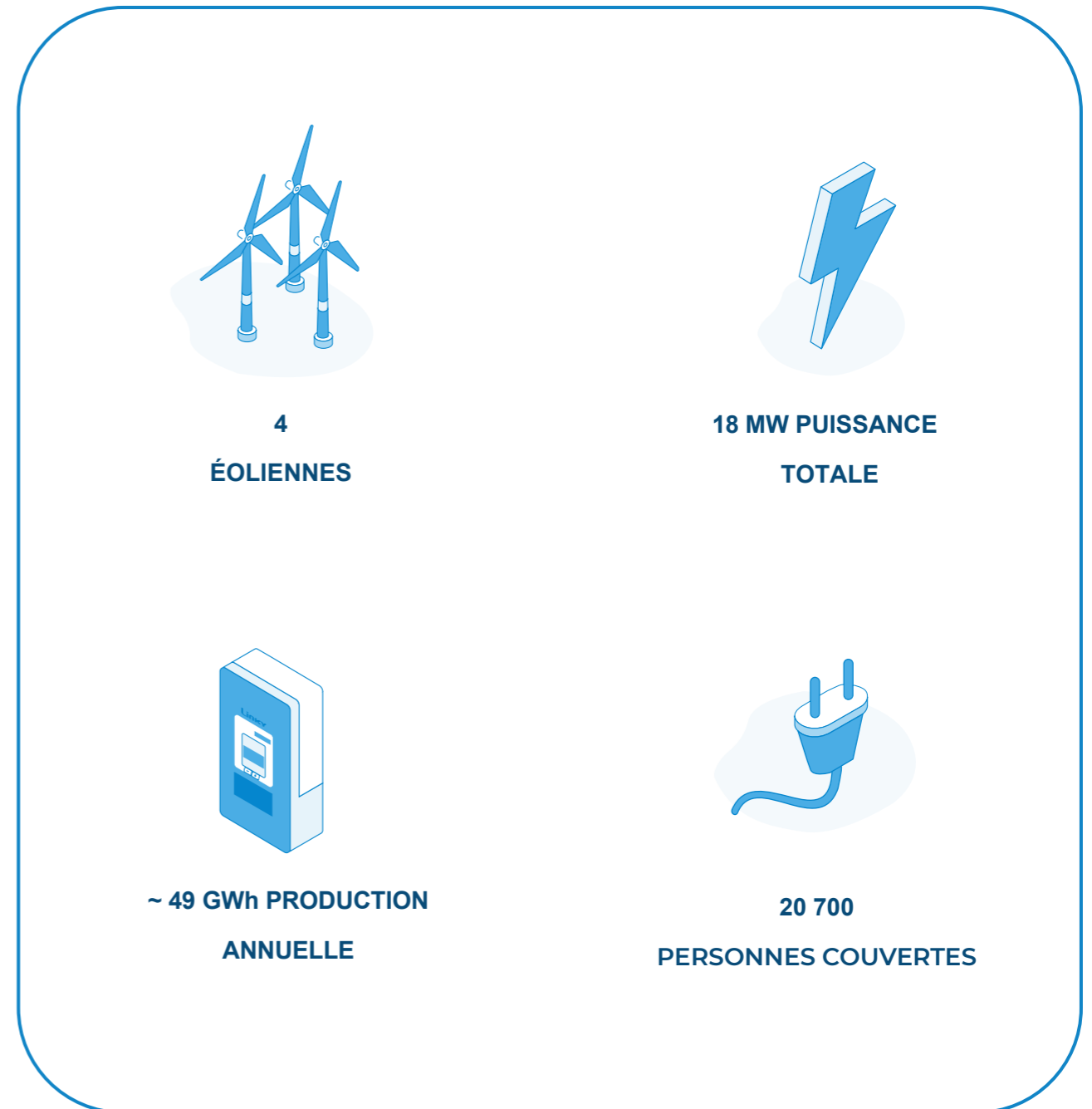
Le présent document fait partie du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale pour le **Projet Eolien des Champs Dolents** déposé auprès des Services de l'Etat.

Le projet éolien des Champs Dolents entre dans les objectifs nationaux de **déploiement des énergies renouvelables**, dans un contexte de lutte **contre le réchauffement climatique** et de **nécessaire transition énergétique**. Il a fait l'objet d'une démarche de **concertation et de réflexion** accrue avec l'ensemble des parties prenantes locales et bureaux d'études partenaires.



<https://escofi.fr/realisation/projet-eolien-joncourt-estrees-magny-la-fosse/>

Durée de vie d'un parc : 25 ans et +



Résumé Non Technique de l'étude de dangers

SOMMAIRE

| | |
|------------------------------------------------------------|----|
| 1. PREAMBULE | 5 |
| 2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION | 6 |
| 3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION | 7 |
| 3.1 Situation | 8 |
| 3.2 Principaux intérêts à protéger en cas d'accident | 9 |
| 4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION | 10 |
| 4.1 L'analyse des risques | 11 |
| 4.1.1 Principe de l'analyse des risques | 11 |
| 4.1.2 L'évaluation des risques | 11 |
| 4.1.3 L'évaluation de la probabilité..... | 11 |
| 4.1.4 L'évaluation de la gravité..... | 12 |
| 4.1.5 Combinaison de la probabilité et de la gravité..... | 12 |
| 4.2 L'analyse préliminaire des risques..... | 13 |
| 4.3 L'étude détaillée des risques..... | 13 |
| 4.3.1 Objectifs de l'analyse détaillée des risques..... | 13 |
| 4.3.2 Les résultats de l'Etude Détaillée des Risques..... | 13 |
| 4.4 Conclusions de l'analyse de risques | 14 |

Selon les exigences de l'article R512-9 du Code de l'Environnement, l'objectif de ce résumé non technique est « d'explicitier la probabilité, la cinétique, et les zones d'effets des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie des zones de risques significatifs. »

Il vise donc à présenter les principaux éléments et conclusions de l'Etude de Dangers du projet de parc éolien des Champs Dolents, porté par ESCOFI via la société d'exploitation PARC EOLIEN DES CHAMPS DOLENTS.

L'Etude de Dangers expose les risques que peuvent présenter les installations en décrivant les principaux accidents potentiels, leurs causes (d'origine interne ou externe), leur nature et leurs conséquences. Elle justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents. Elle précise les moyens de secours internes ou externes mis en œuvre en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre.

Ce résumé est rédigé de façon à rendre accessible, et de la manière la plus étendue qui soit, les principaux thèmes développés par l'étude de dangers.

1. PREAMBULE

Le projet de parc éolien des Champs Dolents prévoit la mise en place de 4 éoliennes de type Nordex N149 et d'une puissance nominale unitaire de 4500 kW, soit 18 MW au maximum sur les communes de Joncourt, Magny-la-Fosse et Estrées.

La hauteur des mats des éoliennes étant supérieure à 50 mètres, le parc est concerné par les rubriques de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement sous le régime de l'autorisation (rubrique n°2980). Pour valider ce projet, la société d'exploitation PARC EOLIEN DES CHAMPS DOLENTS doit donc effectuer un dépôt de demande d'autorisation environnementale unique au préfet de l'Aisne, comprenant notamment une étude de dangers et une étude d'impact.

2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

| | | |
|-----|--------------------------------------------------------|---|
| 3.1 | Situation | 8 |
| 3.2 | Principaux intérêts à protéger en cas d'accident | 9 |

3.1 Situation

Le projet consiste en l'élaboration d'un parc éolien situé sur les communes de Joncourt, Estrées et Magny-la-Fosse.

Ces communes font parties de la Communauté de Communes du Pays du Vermandois dans le département de l'Aisne.

Le parc éolien est composé de 4 aérogénérateurs.

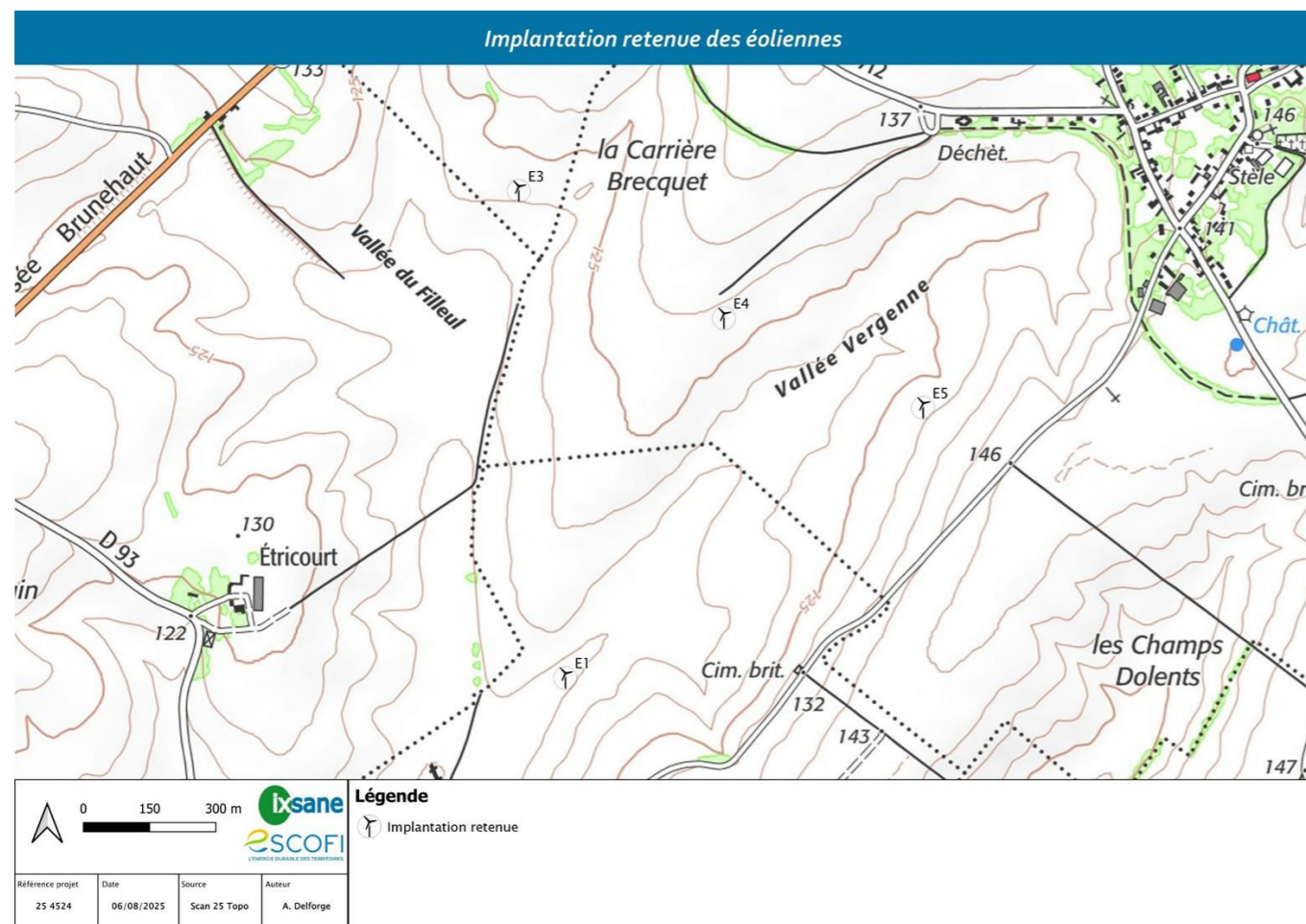


Figure 1 : Localisation du projet éolien des Champs Dolents

Pour les éoliennes du parc éolien des Champs Dolents, un modèle d'éolienne est pressenti :

- Nordex N149.

| Eolienne | NORDEX N149 |
|-----------------------------------|-------------|
| Puissance nominale | 4,5 MW |
| Diamètre du rotor | 149,1 m |
| Longueur d'une pale | 72,4 m |
| Largeur maximale d'une pale | 4,2 m |
| Hauteur du moyeu | 104,7 m |
| Diamètre maximum à la base du mât | 4,3 m |
| Hauteur en bout de pale | 179,2 m |
| Hauteur du mât | 102 m |

Tableau 1 : Caractéristiques des modèles d'éolienne pressentis

Le poste de livraison aura comme dimension : une longueur de 9 m, une largeur de 3 m et une hauteur de 2,7 m.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des 4 aérogénérateurs ainsi que du poste de livraison :

| Eolienne / Poste | Lambert 93 | | WGS 84 (°) | |
|------------------|--------------|----------------|------------|---------|
| | X | Y | X | Y |
| E1 | 720 004,4400 | 6 982 865,5400 | 3,2785 | 49,9441 |
| E3 | 719 899,1980 | 6 983 968,2780 | 3,2770 | 49,9540 |
| E4 | 720 363,6700 | 6 983 679,9500 | 3,2835 | 49,9514 |
| E5 | 720 814,3259 | 6 983 477,5770 | 3,2898 | 49,9496 |
| PDL 1 | 720 975,17 | 6 983 339,00 | 3,2919 | 49,9483 |

Tableau 2 : Coordonnées géographiques du parc

3.2 Principaux intérêts à protéger en cas d'accident

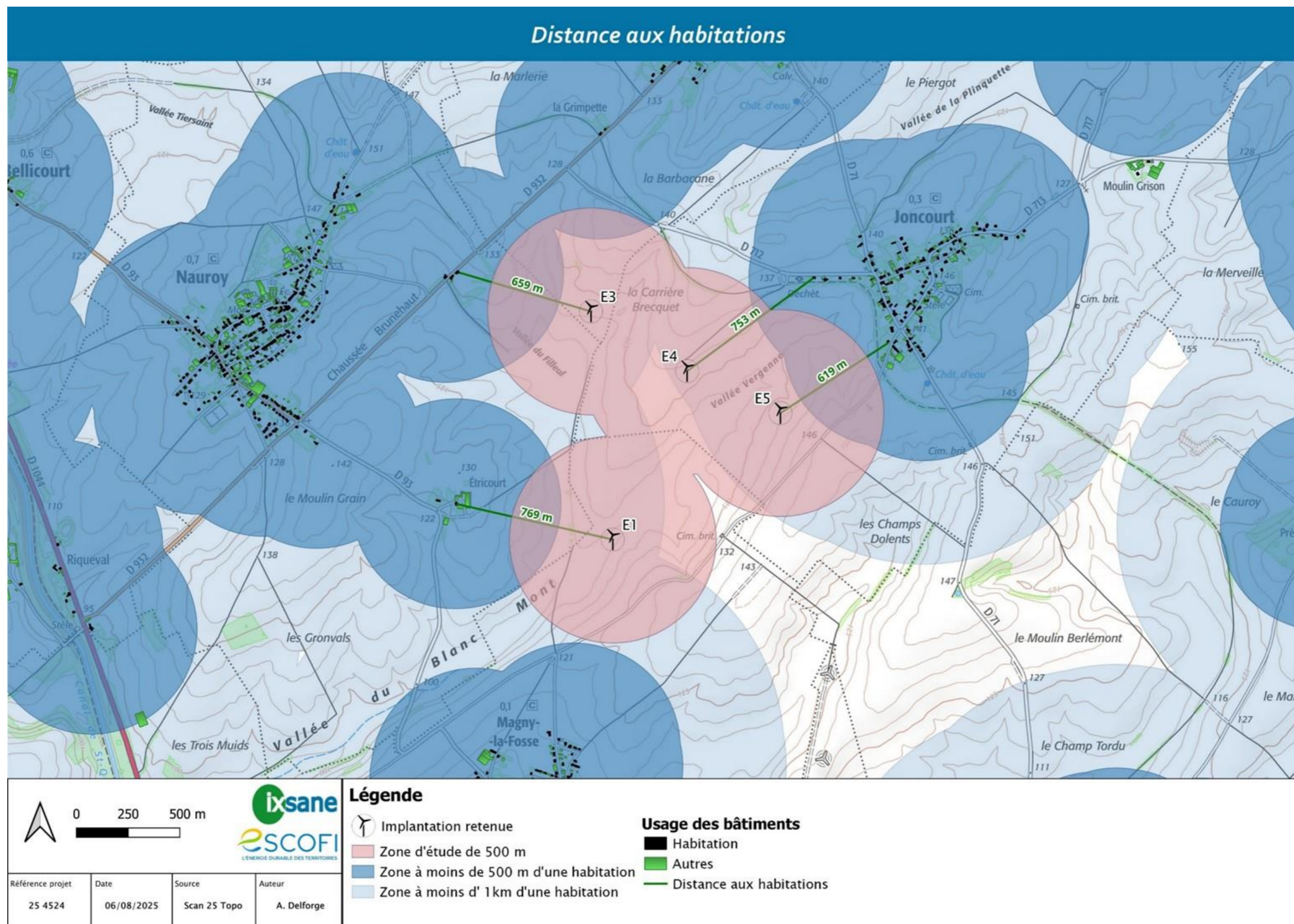


Figure 2 : Distance des éoliennes aux habitations

4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

| | | |
|-----|-------------------------------------------|----|
| 4.1 | L'analyse des risques | 11 |
| 4.2 | L'analyse préliminaire des risques | 13 |
| 4.3 | L'étude détaillée des risques | 13 |
| 4.4 | Conclusions de l'analyse de risques | 14 |

4.1 L'analyse des risques

4.1.1 Principe de l'analyse des risques

L'analyse des risques est l'élément central de l'étude de dangers. L'objet de l'analyse des risques est de recenser de manière exhaustive tous les scénarios d'accidents pouvant mener à des situations accidentelles : un accident suppose en effet une succession d'événements qui conduisent à un phénomène dangereux.

L'analyse des risques évalue également l'efficacité des mesures permettant de s'opposer à l'apparition de phénomènes dangereux et identifie les mesures les plus importantes pour la maîtrise des risques.

L'analyse des risques permet également d'évaluer le risque lié à chaque scénario accidentel identifié.

4.1.2 L'évaluation des risques

Le risque est défini comme la probabilité d'occurrence d'un accident, combinée à la gravité de ses conséquences. Cette définition permet de distinguer la notion de risque de la notion de danger.

Le danger est en effet une propriété intrinsèque d'un produit, d'un équipement, d'un procédé etc ... A titre d'exemple simple, le gaz naturel est dangereux car il est inflammable.

La notion de risque permet en revanche d'intégrer les précautions prises vis-à-vis du danger. Le gaz naturel est en effet une substance certes dangereuse, mais les risques que suppose son utilisation peuvent être maîtrisés en prenant des précautions : la surveillance des canalisations réduit considérablement la probabilité de fuite et donc d'apparition de phénomènes dangereux.

4.1.3 L'évaluation de la probabilité

La probabilité d'un accident est assimilée à la fréquence à laquelle il peut se produire. La réglementation en vigueur indique une grille permettant de situer le niveau de probabilité d'un accident : cette grille présente 5 niveaux allant de « Possible mais extrêmement peu probable » (niveau E) à « Courant » (niveau A).

Ces niveaux de probabilité peuvent également être quantifiés au moyen de fréquences. Par exemple, le niveau E correspond à des fréquences inférieures à 10^{-5} /an, c'est-à-dire à des événements se produisant moins d'une fois tous les 100 000 ans.

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. | $\leq 10^{-5}$ |

4.1.4 L'évaluation de la gravité

Le nombre de personnes exposées dans les limites d'étendue des seuils d'effets définit le niveau de gravité.

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

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

Ainsi, pour chaque phénomène dangereux identifié, l'ensemble des personnes présentes dans la zone d'effet correspondante sera comptabilisé. Dans chaque zone couverte par les effets d'un phénomène dangereux issu de l'analyse de risque, les ensembles homogènes (Etablissement Recevant du Public, zones habitées, zones industrielles, commerces, voies de circulation, terrains non bâtis...) seront identifiés et la surface (pour les terrains non bâtis, les zones d'habitat) et/ou la longueur (pour les voies de circulation) de cette zone d'effets sera déterminée.

Le niveau de gravité est donc fonction d'une intensité traduisant un degré d'exposition. Ce dernier est défini comme le rapport entre la surface effectivement atteinte par les effets d'un événement redouté et la surface de la zone potentiellement exposée à ces effets.

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

4.1.5 Combinaison de la probabilité et de la gravité

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

| Gravité (traduit l'intensité et le nombre de personnes exposées) | Classe de Probabilité | | | | |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| | E | D | C | B | A |
| Désastreux | Jaune | Rouge | Rouge | Rouge | Rouge |
| Catastrophique | Jaune | Jaune | Rouge | Rouge | Rouge |
| Important | Jaune | Jaune | Jaune | Rouge | Rouge |
| Sérieux | Vert | Vert | Jaune | Jaune | Rouge |
| Modéré | Vert | Vert | Vert | Vert | Jaune |

Ceci permet de traduire le niveau de risques selon trois catégories :

- **Risque très faible (vert)** : niveau auquel les risques identifiés sont acceptables au regard de leur rapport intensité/probabilité ;
- **Risque faible (jaune)** : niveau auquel les risques identifiés sont acceptables par la mise en œuvre de mesures de sécurité ;
- **Risque important (rouge)** : niveau auquel les risques identifiés sont non acceptables.

4.2 L'analyse préliminaire des risques

La première étape de l'analyse des risques est l'Analyse Préliminaire des Risques (APR).

L'APR menée sur le projet de parc éolien des Champs Dolents a permis :

- D'identifier les causes et les conséquences potentielles découlant de situations dangereuses provoquées par des dysfonctionnements ;
- De caractériser le niveau de risque de ces événements redoutés.

Les accidents identifiés lors de l'APR qui sortent du site sont considérés comme les plus importants, et font l'objet d'une Etude Détaillée des Risques (EDR).

Les scénarios d'accident issus de l'APR qui sont retenus dans l'étude de dangers pour être analysés en détail sont listés ci-dessous :

- Scénario d'effondrement d'une éolienne ;
- Scénarios d'accident liés à une chute d'éléments ;
- Scénarios d'accident liés à la formation de blocs de glace sur les pales du rotor ;
- Scénarios d'accident liés à une projection de glace ;
- Scénarios d'accident liés à une projection de fragments de pale.

4.3 L'étude détaillée des risques

4.3.1 Objectifs de l'analyse détaillée des risques

L'Etude Détaillée des Risques poursuit et complète l'Analyse Préliminaire des Risques pour les accidents considérés comme étant potentiellement les plus importants car sortant des limites du site.

Les objectifs de l'Etude Détaillée des Risques sont les suivants :

- Identifier et étudier les combinaisons de cause conduisant aux situations dangereuses ;
- Identifier les mesures de maîtrise des risques pouvant intervenir dans le déroulement des scénarios d'accident ;
- Evaluer de manière quantitative la probabilité d'occurrence des différents événements, de la situation dangereuse et des différents phénomènes dangereux dont elle peut être à l'origine ;
- Modéliser les effets des différents phénomènes physiques causés par la situation dangereuse et analyser l'exposition des éléments vulnérables présents dans les zones de projection (les seuls effets considérés suite à un scénario de projection sont les effets létaux sur une ou plusieurs personnes) ;
- Proposer des mesures d'amélioration complémentaires si besoin est, afin de réduire le risque résiduel.

4.3.2 Les résultats de l'Etude Détaillée des Risques

L'Etude Détaillée des Risques a permis de vérifier que les mesures de sécurité envisagées sur le site sont suffisantes pour réduire le niveau de risque des accidents et exclure tous les accidents d'une case « NON » de la matrice de MMR (Matrice de Mesures des Risques).

Les conclusions complètes sont présentées au paragraphe 4.4 de ce document.

4.4 Conclusions de l'analyse de risques

L'évènement « chute de glace » possède un risque faible d'atteindre une personne non abritée et située dans la zone de survol des pales des éoliennes.

Les scénarios « Chute d'éléments », « Effondrement de l'éolienne », « Projection de glace » et « Projection de pale » ont également fait l'objet d'une étude détaillée (estimation de la probabilité, gravité, cinétique et intensité des événements).

Ils constituent un risque acceptable pour les personnes exposées.

| Conséquence | Classe de probabilité | | | | |
|----------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------|
| | E | D | C | B | A |
| Déastreux | Jaune | Rouge | Rouge | Rouge | Rouge |
| Catastrophique | Jaune | Jaune | Rouge | Rouge | Rouge |
| Important | Jaune | Jaune | Jaune | Rouge | Rouge |
| Sérieux | Vert | Vert | Jaune | Jaune | Rouge |
| Modéré | Vert | Projection de pales Effondrement | Chute d'éléments de l'éolienne | Projection de glace | Chute de glace |

Ceci permet de traduire le niveau de risques selon trois catégories :

- **Risque très faible (vert)** : niveau auquel les risques identifiés sont acceptables au regard de leur rapport intensité/probabilité ;
- **Risque faible (jaune)** : niveau auquel les risques identifiés sont acceptables par la mise en œuvre de mesures de sécurité ;
- **Risque important (rouge)** : niveau auquel les risques identifiés sont non acceptables.

Les mesures d'amélioration permettant la réduction des risques ainsi que les études complémentaires présentes dans l'étude d'impact répondent de façon efficace aux principaux scénarios d'accident majeur.

Pour le parc éolien des Champs Dolents, les accidents majeurs identifiés en termes de risque constituent un risque acceptable pour les personnes exposées.

Etude de dangers

SOMMAIRE

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. PREAMBULE | 5 | 4.3 Fonctionnement de l'installation | 35 |
| 1.1 Objectifs de l'étude de dangers | 6 | 4.3.1 Principes de fonctionnement d'un aérogénérateur..... | 35 |
| 1.2 Contexte législatif et réglementaire | 6 | 4.3.2 Sécurité de l'installation..... | 36 |
| 1.3 Nomenclature des installations classées..... | 7 | 4.3.3 Nature et organisation des secours..... | 37 |
| 2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION | 8 | 4.3.4 Consignes et procédures de sécurité | 38 |
| 2.1 Renseignements administratifs | 9 | 4.3.5 Opérations de maintenance de l'installation | 39 |
| 2.2 Contexte de l'étude | 9 | 4.3.6 Stockage et flux de produits dangereux | 39 |
| 2.3 Localisation du site | 9 | 4.3.7 Fonctionnement des réseaux de l'installation | 39 |
| 2.4 Définition de l'aire d'étude | 11 | 5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION | 40 |
| 3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION | 13 | 5.1 Préambule..... | 41 |
| 3.1 Préambule | 14 | 5.2 Potentiels de dangers liés aux produits | 41 |
| 3.2 Environnement humain | 14 | 5.3 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation..... | 42 |
| 3.2.1 Zones urbanisées | 14 | 5.4 Réduction des potentiels de dangers à la source | 42 |
| 3.2.2 Etablissements recevant du public..... | 14 | 5.4.1 Principales actions préventives | 42 |
| 3.2.3 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base | 14 | 5.4.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles | 42 |
| 3.2.4 Autres activités..... | 14 | 6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE | 43 |
| 3.3 Environnement naturel..... | 16 | 6.1 Préambule..... | 44 |
| 3.3.1 Contexte climatique | 16 | 6.2 Inventaire des accidents et incidents en France | 44 |
| 3.3.2 Risques naturels | 18 | 6.3 Inventaire des accidents et incidents à l'international | 47 |
| 3.3.3 Environnement matériel..... | 22 | 6.4 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience | 48 |
| 3.3.4 Cartographie de synthèse | 23 | 6.4.1 Analyse des accidents majeurs sur les sites de l'exploitation | 48 |
| 4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION | 30 | 6.4.2 Analyse d'évolution des accidents en France | 48 |
| 4.1 Préambule | 31 | 6.4.3 Analyse des typologies d'accidents les fréquents | 49 |
| 4.2 Caractéristiques de l'installation | 31 | 6.4.4 Limites d'utilisation de l'accidentologie | 49 |
| 4.2.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien | 31 | 7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES | 50 |
| 4.2.2 Activités de l'installation | 33 | 7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques..... | 51 |
| 4.2.3 Composition de l'installation | 33 | 7.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques..... | 51 |
| | | 7.3 Recensement des agressions externes potentielles | 51 |
| | | 7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines..... | 51 |
| | | 7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels | 53 |
| | | 7.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques (APR) | 53 |
| | | 7.5 Effets dominos | 57 |
| | | 7.6 Mise en place des mesures de sécurité..... | 57 |
| | | 7.7 Conclusions de l'analyse préliminaire des risques | 64 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES | 65 |
| 8.1 Préambule | 66 |
| 8.2 Rappel des définitions | 66 |
| 8.2.1 Cinétique..... | 66 |
| 8.2.2 Intensité | 66 |
| 8.2.3 Gravité..... | 67 |
| 8.2.4 Probabilité..... | 67 |
| 8.2.5 Acceptabilité..... | 68 |
| 8.3 Caractérisation des scénarios retenus | 69 |
| 8.3.1 Effondrement de l'éolienne..... | 69 |
| 8.3.2 Chute de glace..... | 72 |
| 8.3.3 Chute d'éléments de l'éolienne | 74 |
| 8.3.4 Projection de pales ou de fragments de pales..... | 75 |
| 8.3.5 Projection de glace | 77 |
| 8.4 Synthèse de l'étude détaillée..... | 79 |
| 8.4.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés | 79 |
| 8.4.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques..... | 80 |
| 8.4.3 Cartographie des risques..... | 80 |
| 9. CONCLUSION | 87 |
| 10. ANNEXES | 89 |
| 10.1 Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne..... | 90 |
| 10.2 Annexe 2 : Tableau de l'accidentologie française | 92 |
| 10.3 Annexe 3 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques..... | 97 |
| 10.4 Annexe 4 : Probabilité d'atteinte et risque individuel | 100 |
| 10.5 Annexe 5 : Glossaire..... | 101 |
| 10.6 Annexe 6 : Bibliographie et références utilisées | 103 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 : Implantation retenue des éoliennes | 10 |
| Figure 2 : Situation de l'installation | 12 |
| Figure 3 : Distance aux habitations..... | 15 |
| Figure 4 : Types de climat en France..... | 16 |
| Figure 5 : Températures normales annuelles de la station de Saint-Quentin de 1981 à 2020 (Source : InfoClimat)..... | 16 |
| Figure 6 : Précipitations normales annuelles de la station de Saint-Quentin de 1981 à 2020 (Source : InfoClimat)..... | 16 |
| Figure 7 : Ensoleillement et Degrés-jours unifiés normales annuelles de la station de Saint-Quentin de 1981 à 2020 (Source : InfoClimat) | 17 |
| Figure 8 : Distribution des vents (Source : meteoblue)..... | 17 |
| Figure 9 : Caractéristique des vents à la station de Saint-Quentin (Windfinder.fr) | 17 |
| Figure 10 : Zones sismiques en vigueur depuis le 1er mai 2011 | 18 |
| Figure 11 : Sensibilité à l'aléa retrait-gonflement des argiles de la zone d'étude | 19 |
| Figure 12 : Densité de foudroiement pour l'année 2022..... | 20 |
| Figure 13 : Sensibilité de la zone d'étude à l'aléa remontée de nappe | 21 |
| Figure 14 : Fréquence des tornades en France..... | 21 |
| Figure 15 : Réseau de transports | 22 |
| Figure 16 : Synthèse de l'exposition globale des populations | 24 |
| Figure 17 : Exposition de la population pour chaque éolienne..... | 25 |
| Figure 18 : Exposition de la population pour l'éolienne 1 | 26 |
| Figure 19 : Exposition de la population pour l'éolienne 3 | 27 |
| Figure 20 : Exposition de la population pour l'éolienne 4 | 28 |
| Figure 21 : Exposition de la population pour l'éolienne 5 | 29 |
| Figure 22 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur | 31 |
| Figure 23 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne..... | 32 |
| Figure 24 : Plan de l'installation | 34 |
| Figure 25 : Fiche de sécurité d'intervention des secours | 37 |
| Figure 26 : Raccordement électrique des installations | 39 |
| Figure 27 : Répartition des événements accidentels sur les parcs éoliens français entre 2000 et 2015 | 44 |
| Figure 28 : Répartition des accidents liés à des parcs éoliens dans le monde entre 2000 et 2015..... | 47 |
| Figure 29 : Répartition des causes premières d'effondrement | 48 |
| Figure 30 : Répartition des causes premières de rupture de pale..... | 48 |
| Figure 31 : Répartition des causes premières d'incendie..... | 48 |
| Figure 32 : Evolution du nombre d'incidents annuels et nombre d'éoliennes installées | 48 |
| Figure 33 : Synthèse des risques | 81 |
| Figure 34 : Synthèse du risque effondrement | 82 |
| Figure 35 : Synthèse du risque chute de glace | 83 |
| Figure 36 : Synthèse du risque de chute d'éléments | 84 |
| Figure 37 : Synthèse du risque projection de glace | 85 |
| Figure 38 : Synthèse du risque projection de pale | 86 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 : Nomenclature des installations classées concernées par le projet | 7 |
| Tableau 2 : Informations administratives de la société d'exploitation | 9 |
| Tableau 3 : Généralités sur les communes de la zone d'étude (Source : wwe.insee.fr (2025)) | 14 |
| Tableau 4 : Récapitulatif des distances séparant les éoliennes du projet des habitations | 14 |
| Tableau 5 : Population active en 2022 (Source : wwe.insee.fr (2025)) | 14 |
| Tableau 6 : Décomposition synthétique des surfaces considérées dans les zones autour de chaque éolienne | 23 |
| Tableau 7 : Exposition pour chaque éolienne (unité en nombre de personnes) | 23 |
| Tableau 8 : Caractéristiques des modèles d'éolienne pressentis | 33 |
| Tableau 9 : Coordonnées géographiques du parc | 33 |
| Tableau 10 : Présentation des différentes composantes de l'installation | 35 |
| Tableau 11 : Liste des dangers potentiels identifiés dans le cadre du fonctionnement d'un parc éolien..... | 42 |
| Tableau 12 : Incidents recensés entre 2016 et 2022..... | 47 |
| Tableau 13 : Principales agressions externes liées aux activités humaines | 52 |
| Tableau 14 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels | 53 |
| Tableau 15 : Scénarios d'accident pouvant potentiellement apparaître sur le parc..... | 56 |
| Tableau 16 : Mesures de prévention lors de la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace | 58 |
| Tableau 17 : Mesures de prévention contre l'atteinte des personnes par la chute de glace | 58 |
| Tableau 18 : Mesures de prévention contre l'échauffement significatif des pièces mécaniques | 59 |
| Tableau 19 : Mesures de prévention contre la survitesse | 59 |
| Tableau 20 : Mesures de prévention contre les courts-circuits | 60 |
| Tableau 21 : Mesures de prévention contre la foudre | 60 |
| Tableau 22 : Mesures de protection et d'intervention en cas d'incendie..... | 61 |
| Tableau 23 : Mesures de prévention et de rétention en cas de fuite..... | 61 |
| Tableau 24 : Mesures de prévention contre les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage | 62 |
| Tableau 25 : Mesures de prévention contre les erreurs de maintenance | 62 |
| Tableau 26 : Mesures de prévention contre les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort | 63 |
| Tableau 27 : Mesures de prévention pour empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau | 63 |
| Tableau 28 : Catégories de scénarios exclus de l'étude de dangers | 64 |
| Tableau 29 : Matrice d'acceptabilité des risques | 68 |
| Tableau 30 : Caractéristiques du modèle d'éolienne pressenti | 69 |

1. PREAMBULE

| | | |
|-----|-----------------------------------------------|---|
| 1.1 | Objectifs de l'étude de dangers | 6 |
| 1.2 | Contexte législatif et réglementaire | 6 |
| 1.3 | Nomenclature des installations classées | 7 |

1.1 Objectifs de l'étude de dangers

Le projet éolien des Champs Dolents est porté par ESCOFI via la société d'exploitation Parc éolien des Champs Dolents.

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société d'exploitation du Parc éolien des Champs Dolents pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques des éoliennes du parc éolien des Champs Dolents sur les communes de Joncourt, Estrées et Magny-la-Fosse.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes en question.

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 Champs Dolents qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

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

- améliorer la réflexion sur la sécurité sur site 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.

1.2 Contexte législatif et réglementaire

L'article L. 181-1 du Code de l'environnement précise que le régime de l'autorisation environnementale instauré par l'ordonnance n° 2017-80 et les décrets n°s 2017-81 et 2017-82 du 26 janvier 2017 est applicable aux installations classées pour la protection de l'environnement.

Aux termes de l'article L. 515-44 du Code de l'environnement, les parcs éoliens dont l'une des éoliennes au moins, dispose d'un mât d'une hauteur supérieure à 50 mètres, sont soumis à autorisation au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et l'article D. 181-15-2, 10° du même Code précise que lorsque l'autorisation environnementale concerne une installation classée pour la protection de l'environnement, le dossier de demande est complété par une étude de dangers.

Selon l'article L. 181-25 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 du même Code en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. Les impacts de l'installation sur ces intérêts en fonctionnement normal sont traités dans l'étude d'impact sur l'environnement.

Article L. 181-25 du Code de l'environnement :

Le demandeur fournit une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation.

En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite.

Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.

Les intérêts visés à l'article L. 511-1 du Code de l'environnement sont la commodité du voisinage, la santé, la sécurité, la salubrité publique, l'agriculture, la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, l'utilisation rationnelle de l'énergie, la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique. Cependant, il convient de noter que l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1.

En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement (notamment au paysage), l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article D. 181-15-2, III du Code de l'environnement.

Article D. 181-15-2 du Code de l'environnement :

III. – L'étude de dangers justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés aux articles L. 181-3.

Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. Dans le cas des installations figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-81, le demandeur doit fournir les éléments indispensables pour l'élaboration par les autorités publiques d'un plan particulier d'intervention.

L'étude comporte, notamment, un résumé non technique explicitant la probabilité et la cinétique des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie agrégée par type d'effet des zones de risques significatifs.

Le ministre chargé des installations classées peut préciser les critères techniques et méthodologiques à prendre en compte pour l'établissement des études de dangers, par arrêté pris dans les formes prévues à l'article L. 512-5.

Pour certaines catégories d'installations impliquant l'utilisation, la fabrication ou le stockage de substances dangereuses, le ministre chargé des installations classées peut préciser, par arrêté pris sur le fondement de l'article L. 512-5, le contenu de l'étude de dangers portant, notamment, sur les mesures d'organisation et de gestion propres à réduire la probabilité et les effets d'un accident majeur.

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 (NOR : DEVP0540371A) fixe la détermination des seuils réglementaires pour apprécier l'intensité des effets physiques de ces phénomènes, la gravité des accidents et les classes de probabilité de ces phénomènes.

Enfin 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 (NOR : DEVP1013761C) énonce des règles de méthodologie applicables pour l'élaboration des études de dangers.

1.3 Nomenclature des installations classées

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

| A - Nomenclature des installations classées | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| N° | Désignation de la rubrique | A, E, D, S, C (1) | Rayon (2) |
| 2980 | Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs : | | |
| | 1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m..... 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..... b) Inférieure à 20 MW | A A D | 6 6 |
| (1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L.512-11 du code de l'environnement (2) Rayon d'affichage en kilomètres | | | |

Tableau 1 : Nomenclature des installations classées concernées par le projet

Les éoliennes du parc éolien des Champs Dolents présentent au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

L'étude de danger est une des pièces constitutives du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale.

¹¹ Les installations soumises à la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées (parcs éoliens) ne font pas partie de cette liste.

2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

| | | |
|-----|-------------------------------------|----|
| 2.1 | Renseignements administratifs | 9 |
| 2.2 | Contexte de l'étude | 9 |
| 2.3 | Localisation du site | 9 |
| 2.4 | Définition de l'aire d'étude | 11 |

2.1 Renseignements administratifs

La société d'exploitation Parc éolien des Champs Dolents exploitera le parc éolien des Champs Dolents.

| | |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Raison sociale | Parc éolien des Champs Dolents |
| Forme juridique | Société par actions simplifiée |
| Numéro SIRET | 90524764900015 |
| Adresse du siège social | 2 rue de l'Epine, The Cloud City 59650 Villeneuve d'Ascq |
| Code NAF | Production d'électricité (3511Z) |

Tableau 2 : Informations administratives de la société d'exploitation

Cette étude a été réalisée par Mme Audrey Delforge, chargée de projet au sein du bureau d'études IXSANE, basé à Villeneuve-d'Ascq, sous la responsabilité de Mme Hardy Delphine, Chef de projet et Responsable de service.

2.2 Contexte de l'étude

Le projet consiste en l'élaboration d'un parc éolien situé sur les communes de Joncourt, Estrées et Magny-la-Fosse.

Ces communes font parties de la Communauté de Communes du Pays du Vermandois dans le département de l'Aisne.

Le parc éolien est composé de 4 aérogénérateurs.

2.3 Localisation du site

Le présent dossier concerne donc les 4 aérogénérateurs du parc éolien des Champs Dolents dans le département de l'Aisne (02).

Les cartes de cette étude de dangers sont susceptibles de posséder quelques imprécisions dans la mesure où les fonds de cartes présentent une précision affichée de l'ordre de la dizaine de mètres (pixellisation de l'image, précision du géoréférencement...).

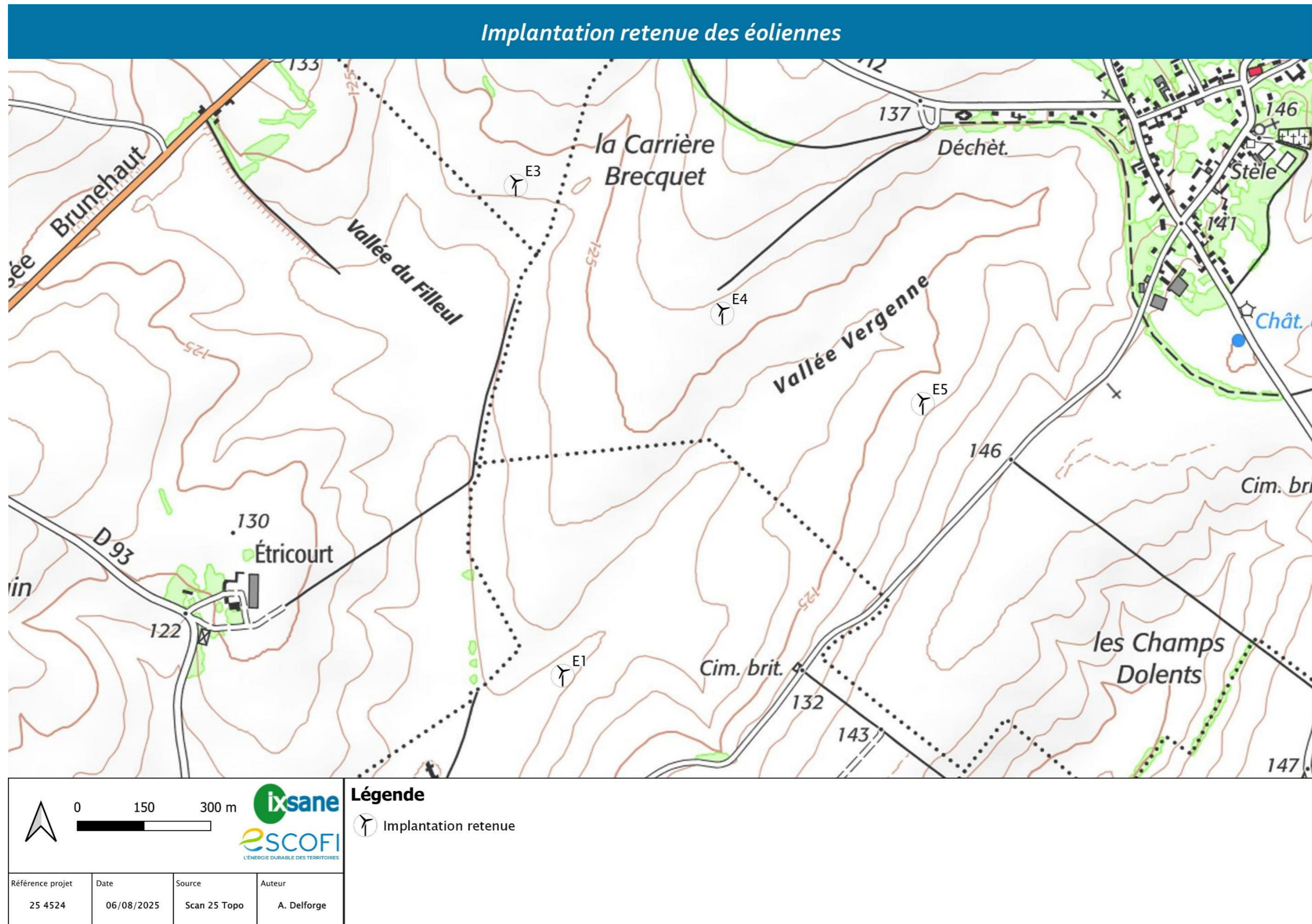


Figure 1 : Implantation retenue des éoliennes

2.4 Définition de l'aire d'étude

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 8.2.4.

La zone d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

Les communes de la zone d'étude sont : Joncourt, Estrées, Magny-la-Fosse et Nauroy.

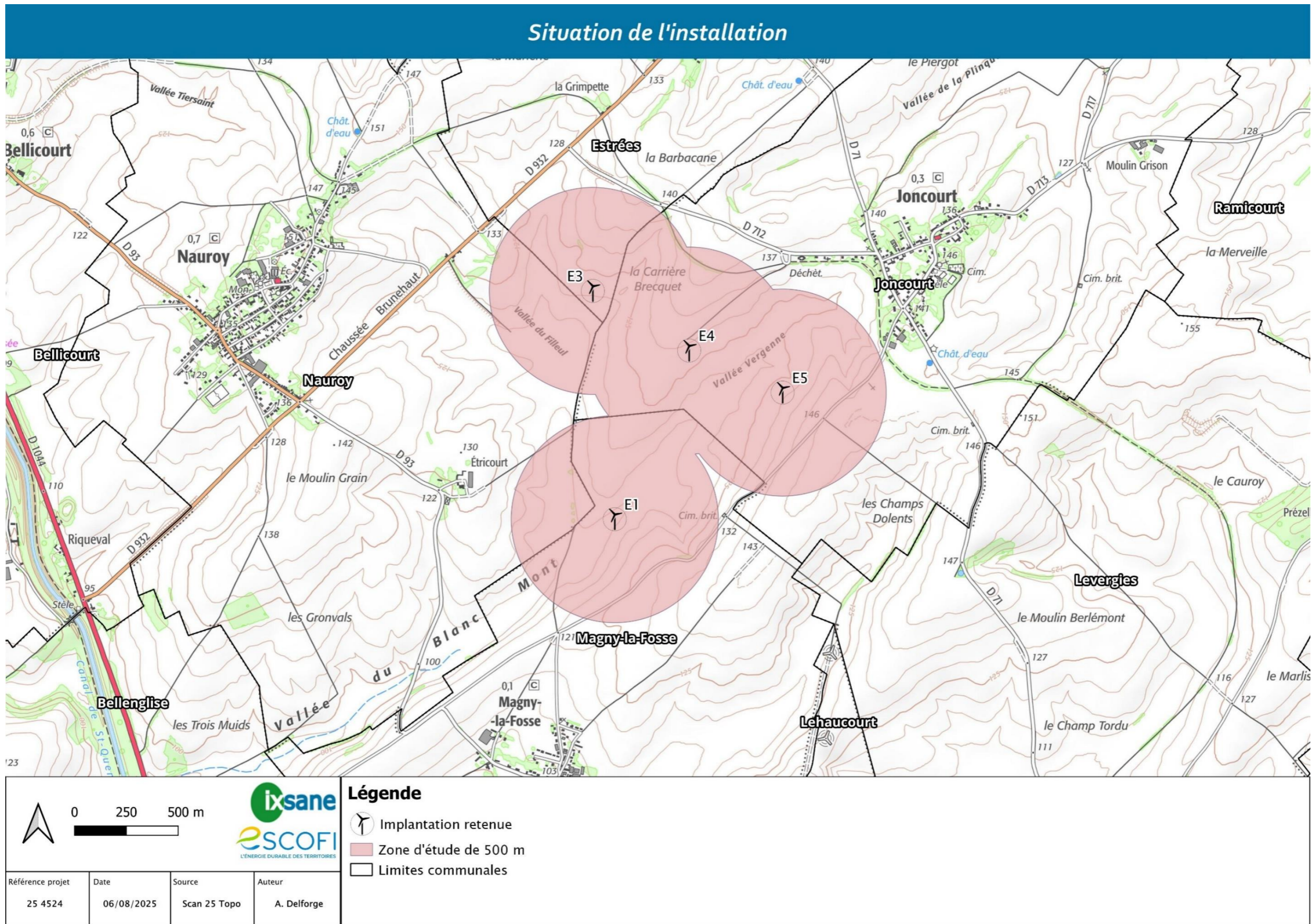


Figure 2 : Situation de l'installation

3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

| | | |
|-----|----------------------------|----|
| 3.1 | Préambule | 14 |
| 3.2 | Environnement humain | 14 |
| 3.3 | Environnement naturel..... | 16 |

3.1 Préambule

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 risques que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels).

3.2 Environnement humain

3.2.1 Zones urbanisées

L'étude de la démographie a été réalisée dans la zone d'étude :

| Commune | Code INSEE | Code postal | Nb hab (2022) | Superficie (km ²) | Densité (hab/km ²) |
|----------------|------------|-------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Estrées | 02291 | 02420 | 408 | 7,04 | 58,0 |
| Joncourt | 02392 | 02420 | 326 | 7,25 | 45,0 |
| Magny-la-Fosse | 02451 | 02420 | 122 | 3,63 | 33,6 |
| Nauroy | 02539 | 02420 | 672 | 6,27 | 107,2 |

Tableau 3 : Généralités sur les communes de la zone d'étude (Source : www.insee.fr (2025))

La figure 3 expose les zones urbanisées ainsi que les habitations à proximité de la zone d'étude. Aucune habitation et aucune zone à destination d'habitation définie dans les documents et projets d'urbanisme des communes autour du projet ne se situe à moins de 500 mètres de l'installation. Les distances minimales de chaque éolienne vis-à-vis des habitations les plus proches sont données dans le tableau ci-dessous :

| Eolienne | Commune de l'habitation | Direction de l'habitation | Distance à l'éolienne la plus proche |
|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| E1 | Nauroy | Nord-Ouest | 769 m |
| E3 | Nauroy | Nord-Ouest | 659 m |
| E4 | Joncourt | Nord-Est | 753 m |
| E5 | Joncourt | Nord-Est | 619 m |

Tableau 4 : Récapitulatif des distances séparant les éoliennes du projet des habitations

Ainsi, aucune habitation ne se situe à moins de 500 mètres d'une éolienne.

3.2.2 Etablissements recevant du public

Dans les limites de la zone d'étude, aucun établissement recevant du public (ERP) n'est recensé. Les plus proches (de type écoles, mairies ou magasins) se situent au sein des villages alentour, localisés à plus de 500 m des éoliennes.

Aucune ERP ne se situe à moins de 500 m des éoliennes. Le plus proche est situé à Magny-la-Fosse, à 530 m à l'est de l'éolienne E1.

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

Une installation classée est définie comme étant « Toute exploitation industrielle ou agricole susceptible de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains [...] ». La législation permet à l'Etat d'agir directement sur les activités de l'installation. Il peut donner une autorisation ou un refus d'activité sur le site, il peut imposer une réglementation, un contrôle voire une sanction. Parmi ces ICPE soumises à autorisation, celles où la quantité de produits dangereux dépasse les seuils fixés dans la directive européenne Seveso, sont soumises à une réglementation plus stricte et doivent répondre à des exigences. Pour ces ICPE dites de type « Seveso », l'Etat élabore différents documents : d'une part des Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) et d'autre part des Plans Particuliers d'Intervention (PPI).

Aucune ICPE ne se situe à moins de 500 m d'une éolienne. La plus proche est située à Levergnies, à 1,3 km au sud-est de l'éolienne E5.

3.2.4 Autres activités

La répartition par secteurs d'activité sur le territoire des communes appartenant à la zone d'étude n'est pas disponible sur les données de l'INSEE.

En revanche, la répartition des actifs/inactifs se présente comme suit :

| Commune | Actifs ayant un emploi en 2022, en % | Chômeurs en 2022, en % | Elèves, étudiants et stagiaires non rémunérés en 2022, en % | Retraités ou préretraités en 2022, en % | Autres inactifs en 2022, en % |
|----------------|--------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|
| Estrées | 62,0 | 9,7 | 10,1 | 7,6 | 10,5 |
| Joncourt | 65,4 | 7,6 | 10,7 | 8,8 | 7,5 |
| Magny-la-Fosse | 74,6 | 7,5 | 7,5 | 9,0 | 1,5 |
| Nauroy | 73,6 | 6,1 | 7,0 | 6,2 | 7,1 |

Tableau 5 : Population active en 2022 (Source : www.insee.fr (2025))

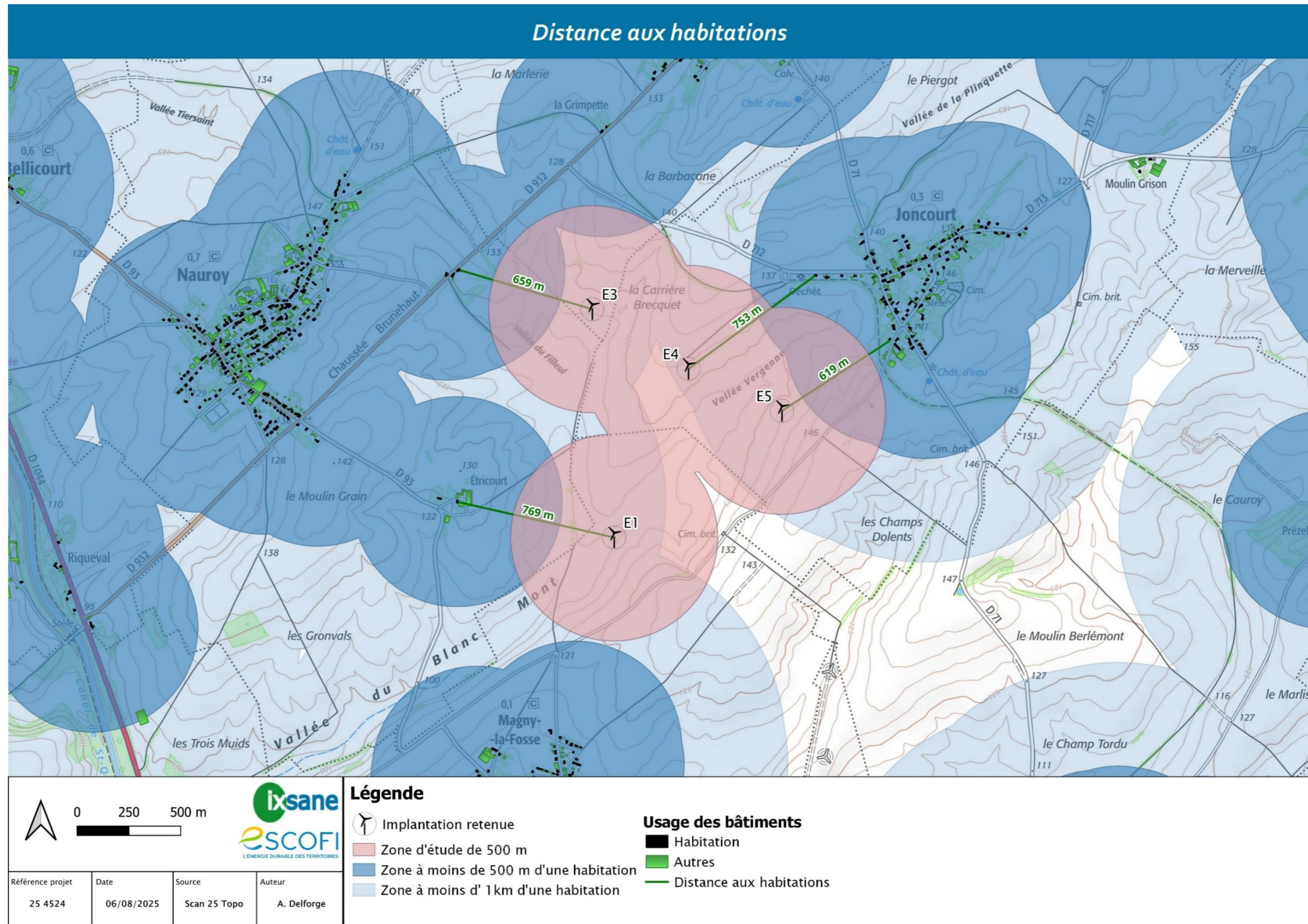


Figure 3 : Distance aux habitations

3.3 Environnement naturel

3.3.1 Contexte climatique

La zone d'étude est sous l'influence d'un climat océanique dégradé (cf figure suivante). Les amplitudes thermiques sont faibles, les hivers sont doux, les étés sont tempérés grâce à la brise marine et les précipitations sont régulières.

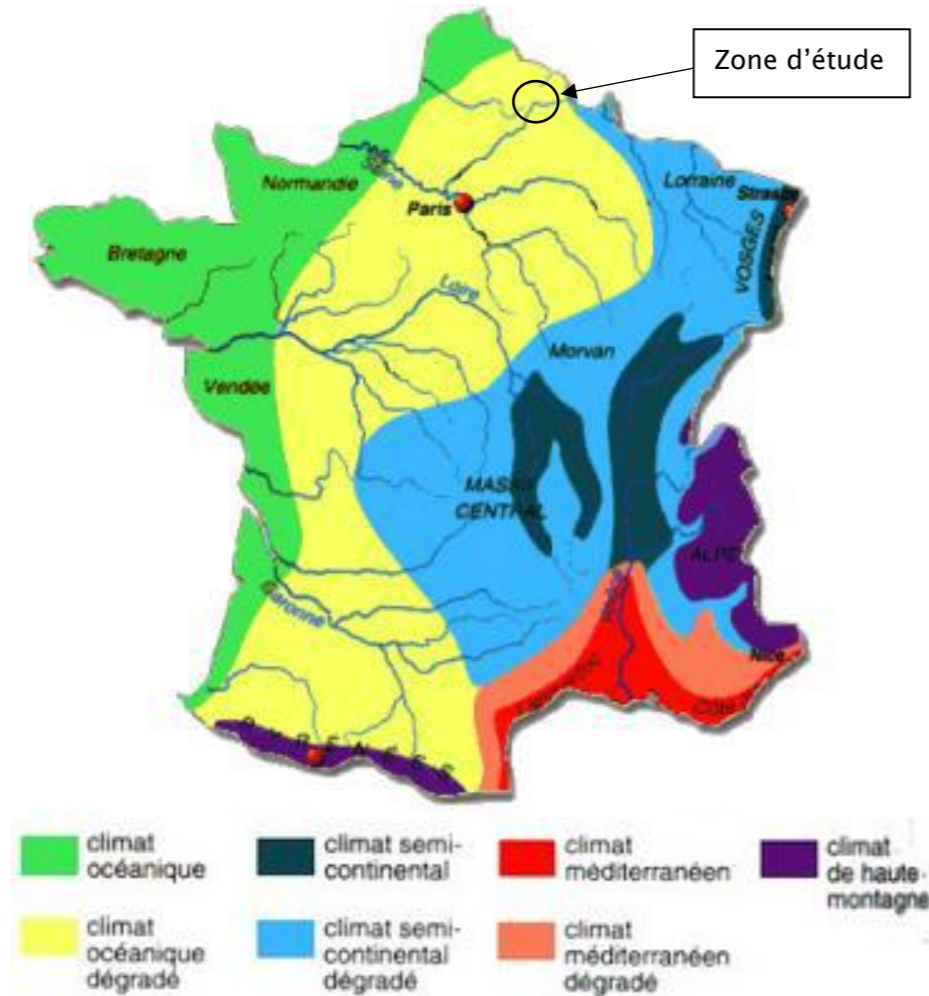


Figure 4 : Types de climat en France

La station de mesure Météo France utilisée en référence est celle de Saint-Quentin située à un peu plus de 20 km au sud-ouest de la Zone d'Implantation Potentielle.

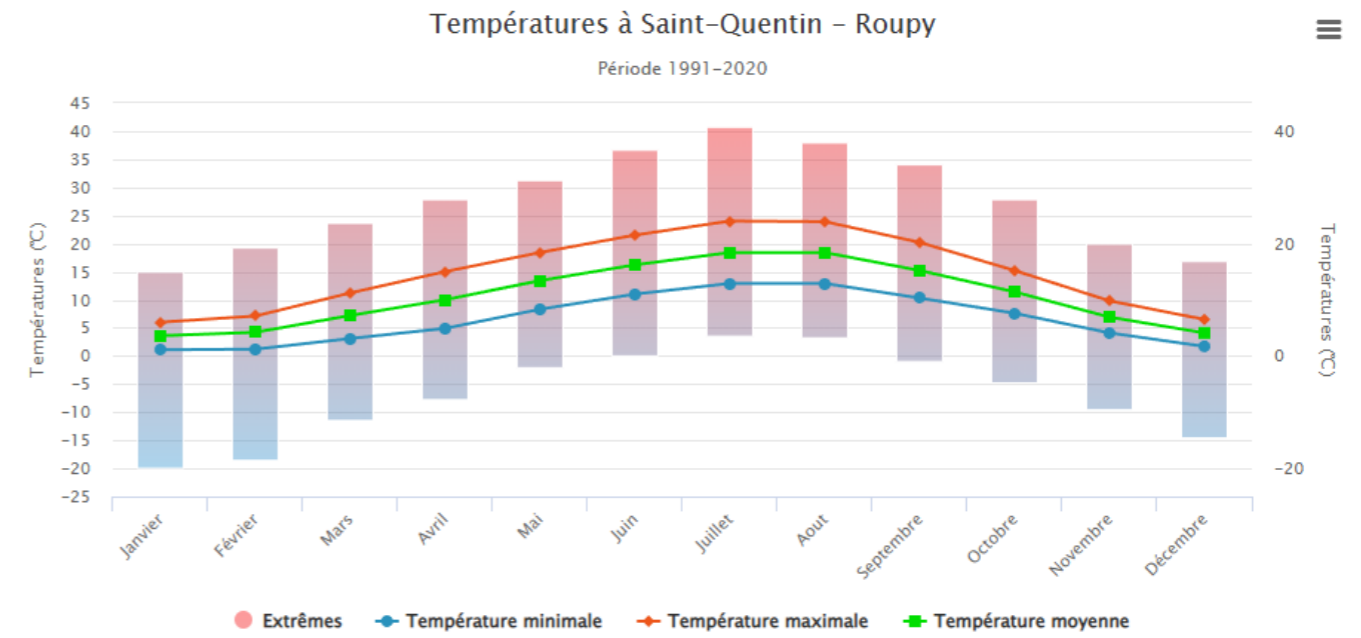


Figure 5 : Températures normales annuelles de la station de Saint-Quentin de 1981 à 2020 (Source : InfoClimat)

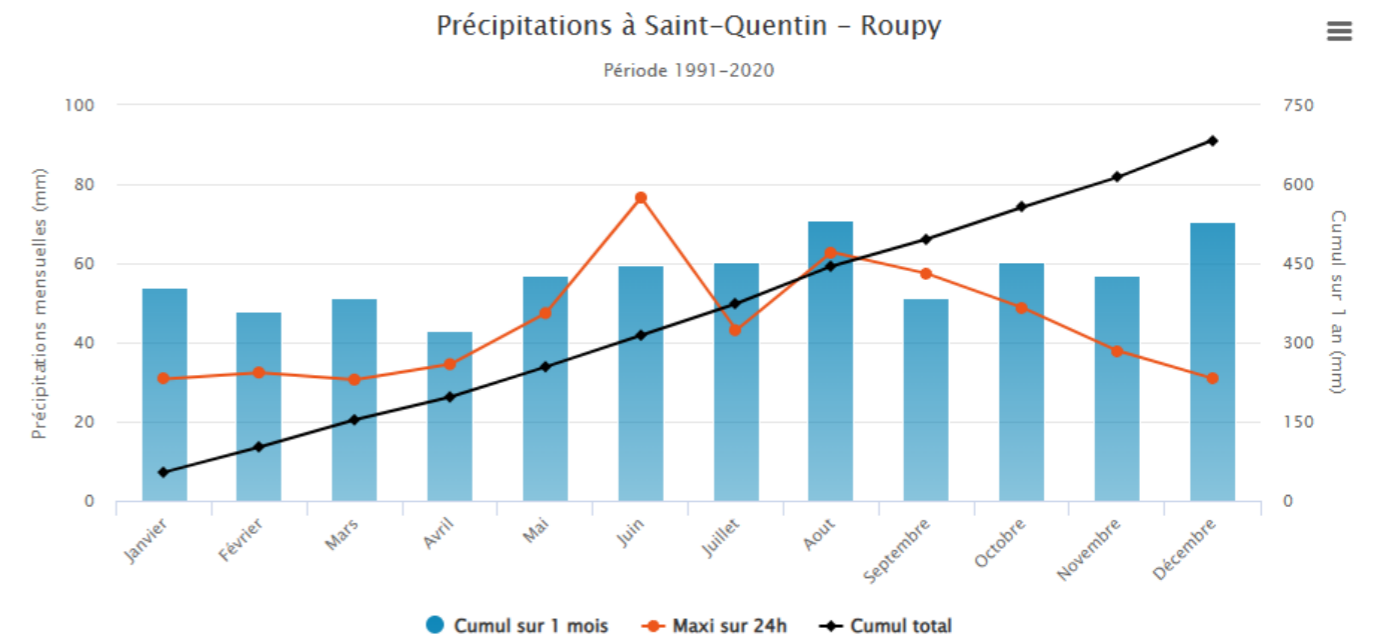


Figure 6 : Précipitations normales annuelles de la station de Saint-Quentin de 1981 à 2020 (Source : InfoClimat)

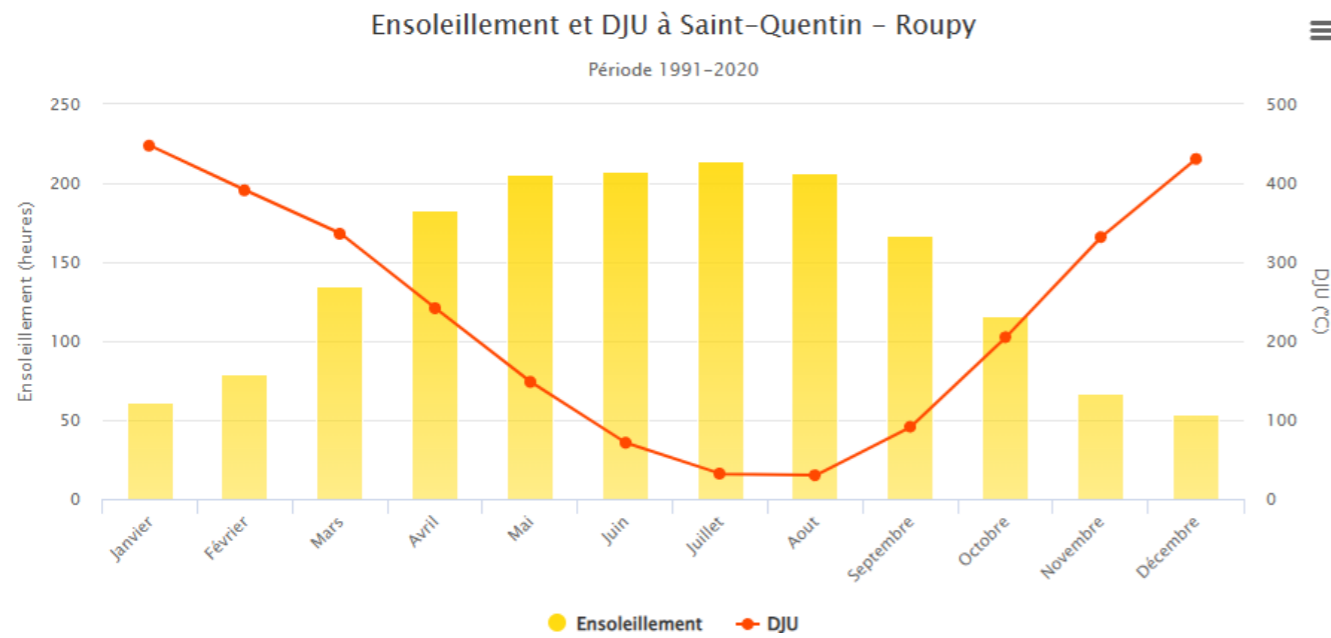


Figure 7 : Ensoleillement et Degrés-jours unifiés normales annuelles de la station de Saint-Quentin de 1981 à 2020 (Source : InfoClimat)

La température moyenne minimale est de 3,6 °C et de 24 °C pour les maximales dans le secteur de l'étude. Les hauteurs de précipitation sont de 683,4 mm/an, tandis que la durée d'ensoleillement se situe aux environs de 1 695,9 h/an.

La figure suivante présente la distribution des vents au niveau de la station de Saint-Quentin.

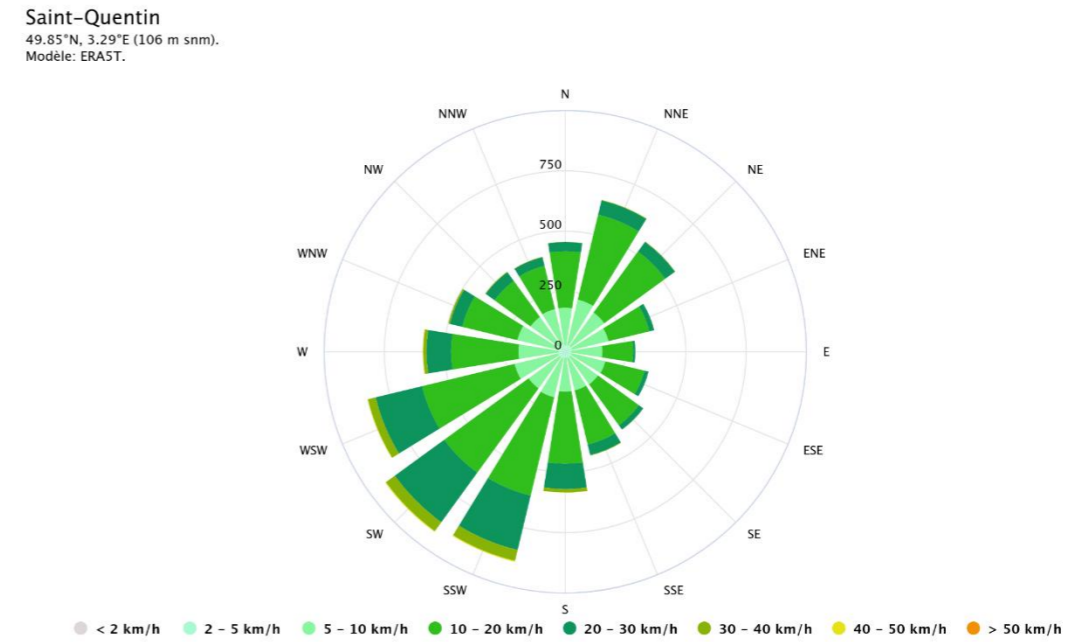


Figure 8 : Distribution des vents (Source : meteoblue)

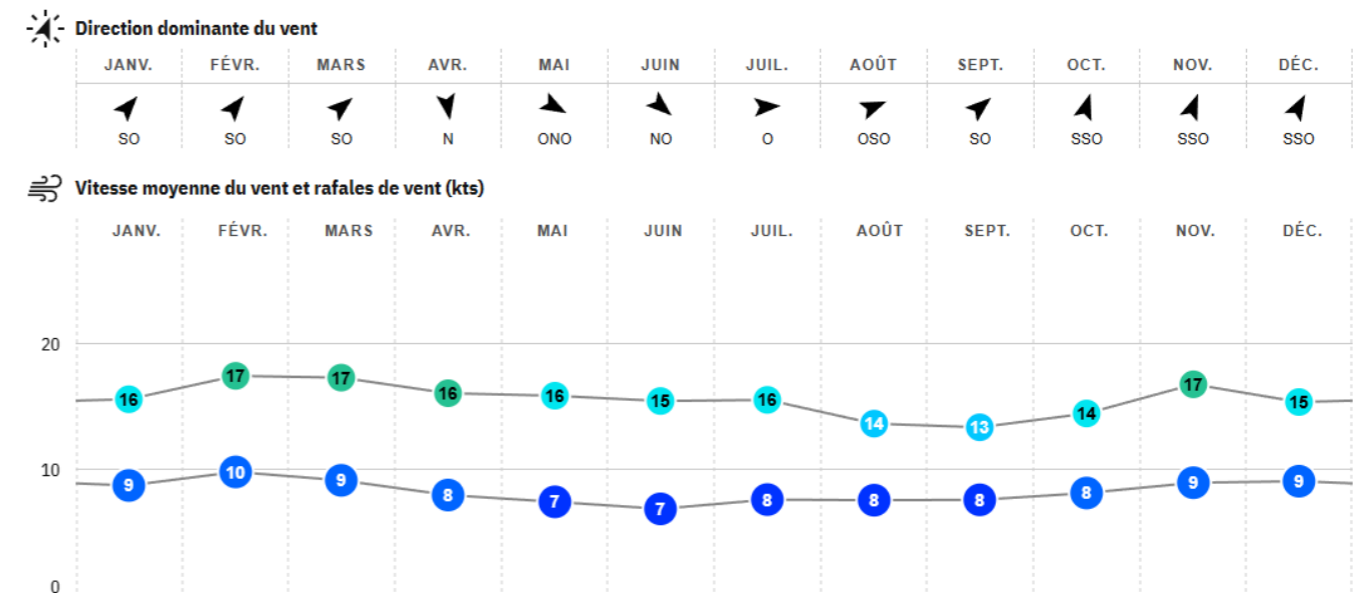


Figure 9 : Caractéristique des vents à la station de Saint-Quentin (Windfinder.fr)

Les vents dominants et avec les vitesses les plus importantes proviennent du sud-ouest. Il n'y a que peu de vent provenant de l'est.

3.3.2 Risques naturels

3.3.2.1 Risques sismiques

Les avancées scientifiques et l'arrivée du nouveau code européen de construction parasismique – l'Eurocode 8 (EC8) – ont rendu nécessaire la révision du zonage sismique de 1991 donnant une nouvelle cartographie de la France.

Le contexte a conduit à déduire le zonage sismique de la France non plus d'une approche déterministe, mais d'un calcul probabiliste (calcul de la probabilité d'un mouvement sismique donné se produire au moins une fois en un endroit et une période donnée), la période de retour préconisé par les EC8 étant de 475 ans.

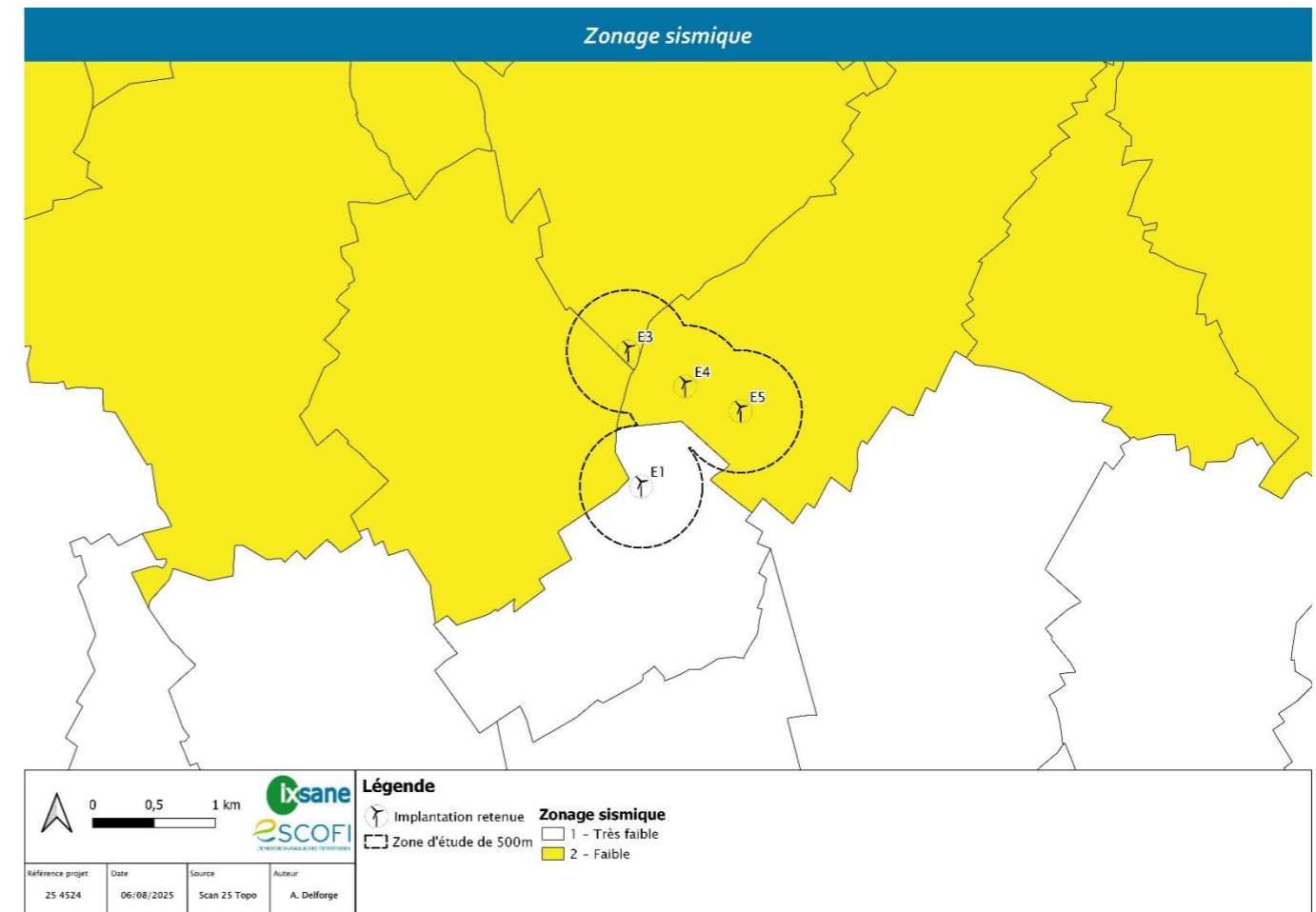
Le zonage sismique français entré en vigueur le 1^{er} mai 2011 est défini dans les décrets n°2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010, codifiés dans les articles R.563-1 à 8 et D.563-8-1 du Code de l'Environnement.

Ce zonage, reposant sur une analyse probabiliste de l'aléa, divise la France en 5 zones de sismicité :

- Zone de sismicité 1 (très faible) ;
- Zone de sismicité 2 (faible) ;
- Zone de sismicité 3 (modéré) ;
- Zone de sismicité 4 (moyenne) ;
- Zone de sismicité 5 (forte).

Le éoliennes E1 se situe en zone de sismicité très faible.

Les éoliennes E3, E4 et E5 se situent en zone de sismicité faible.



3.3.2.2 Mouvement de terrain

Un mouvement de terrain est un déplacement plus ou moins brutal du sol ou du sous-sol, il est fonction de la nature et de la disposition des couches géologiques. Il s'inscrit dans le cadre des processus généraux d'érosion mais peut-être favorisé, voire provoqué, par certaines activités anthropiques.

La base BDMVT (Base de Données Nationale des Mouvements de Terrain) recense les phénomènes avérés de types glissements de terrain, éboulements, effondrements, coulées de boue et érosions de berges sur le territoire français (métropole et DOM) dans le cadre de la prévention des risques naturels mise en place depuis 1981. Elle permet principalement le recueil, l'analyse et la restitution des informations de base nécessaires à l'étude des phénomènes dans leur ensemble ainsi qu'à la cartographie des aléas qui leur sont liés.

Deux effondrements ont été recensés :

- dans la commune de Joncourt en 1980 à environ 1 km de l'éolienne E5,
- dans la commune d'Estrée en 2014 à environ 1,5 km de l'éolienne E3.

3.3.2.3 Risque d'effondrement

Qu'elles soient d'origine naturelle (creusées par l'eau en milieu soluble), ou anthropique (marnières, tunnels...), les cavités souterraines peuvent affecter la stabilité des sols. L'une des spécificités majeures de cette problématique, caractéristique des mouvements de terrains, relève de la dimension « cachée » de l'aléa souterrain, souvent invisible pour les populations et oublié de tous surtout lorsque les cavités sont anciennes.

Aucune cavité n'est recensée dans la zone d'étude.

3.3.2.4 Aléa retrait-gonflement des argiles

Sous l'effet de certaines conditions météorologiques (précipitations insuffisantes, températures et ensoleillement supérieurs à la normale), les horizons superficiels du sous-sol peuvent se dessécher plus ou moins profondément. Sur les formations argileuses, cette dessiccation se traduit par un phénomène de retrait, avec un réseau de fissures parfois très profondes. L'argile perd son eau et se rétracte, ce phénomène peut être accentué par la présence d'arbres à proximité. Lorsque ce phénomène se développe sous le niveau de fondations, la perte de volume du sol support génère des tassements différentiels pouvant entraîner des fissurations au niveau du bâti.

Sont particulièrement concernées les formations argileuses qui contiennent des minéraux argileux gonflants du groupe des smectites. Il a ainsi été réalisé une cartographie départementale de l'aléa retrait-gonflement, selon une méthodologie mise au point par le BRGM.

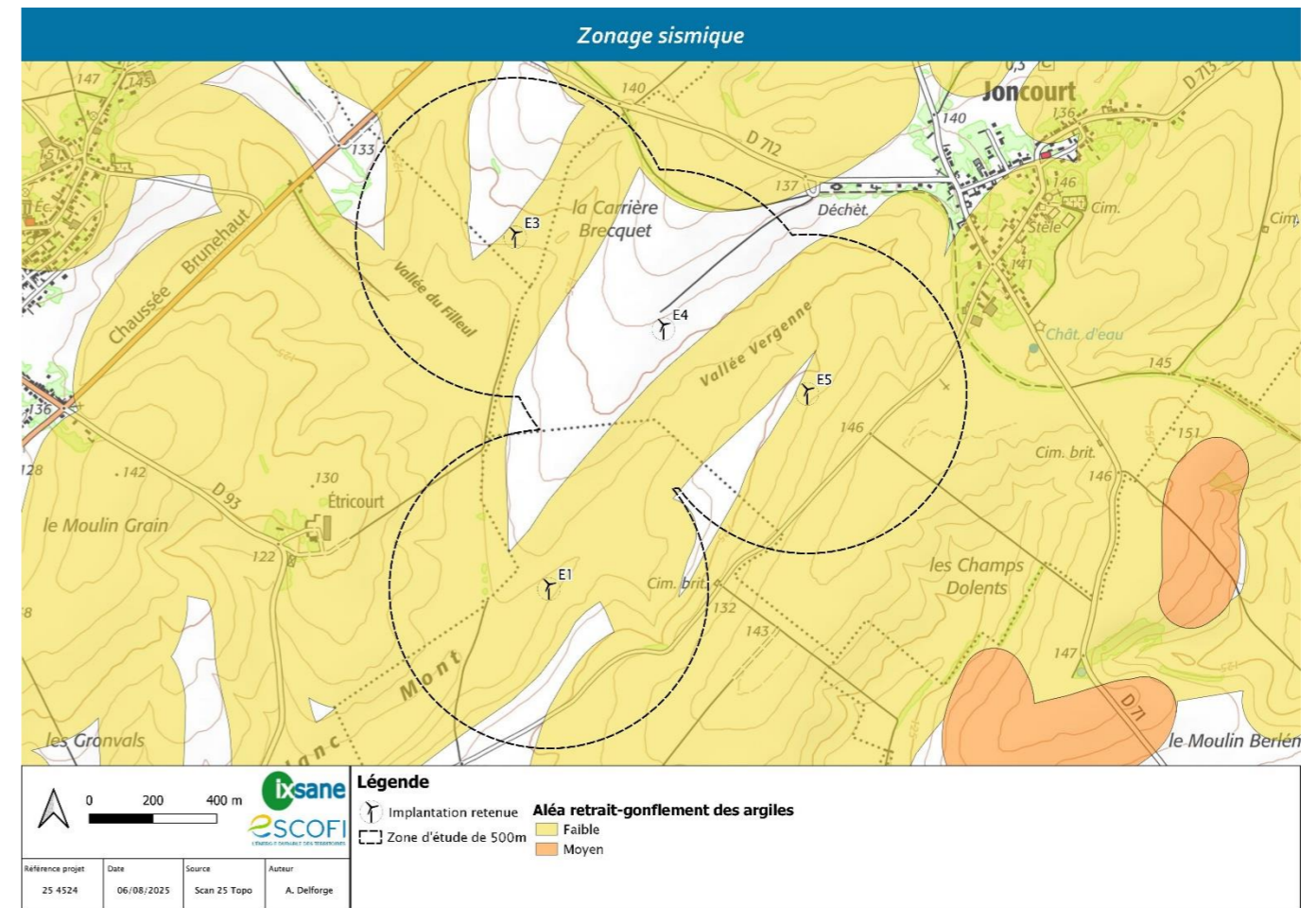


Figure 11 : Sensibilité à l'aléa retrait-gonflement des argiles de la zone d'étude

L'aléa retrait-gonflement varie de nul à faible au niveau de la zone d'étude.

3.3.2.5 Risque de foudroiement

La densité de foudroiement indique le nombre de coups de foudre par an et par kilomètre carré. Le relevé est effectué à l'aide d'un réseau de stations de détection qui captent les ondes électromagnétiques lors des décharges, les localisent et les comptabilisent.

La zone d'étude présente une sensibilité faible pour le risque de foudroiement, avec une densité de foudroiement inférieure à 1 impact par km² par an.

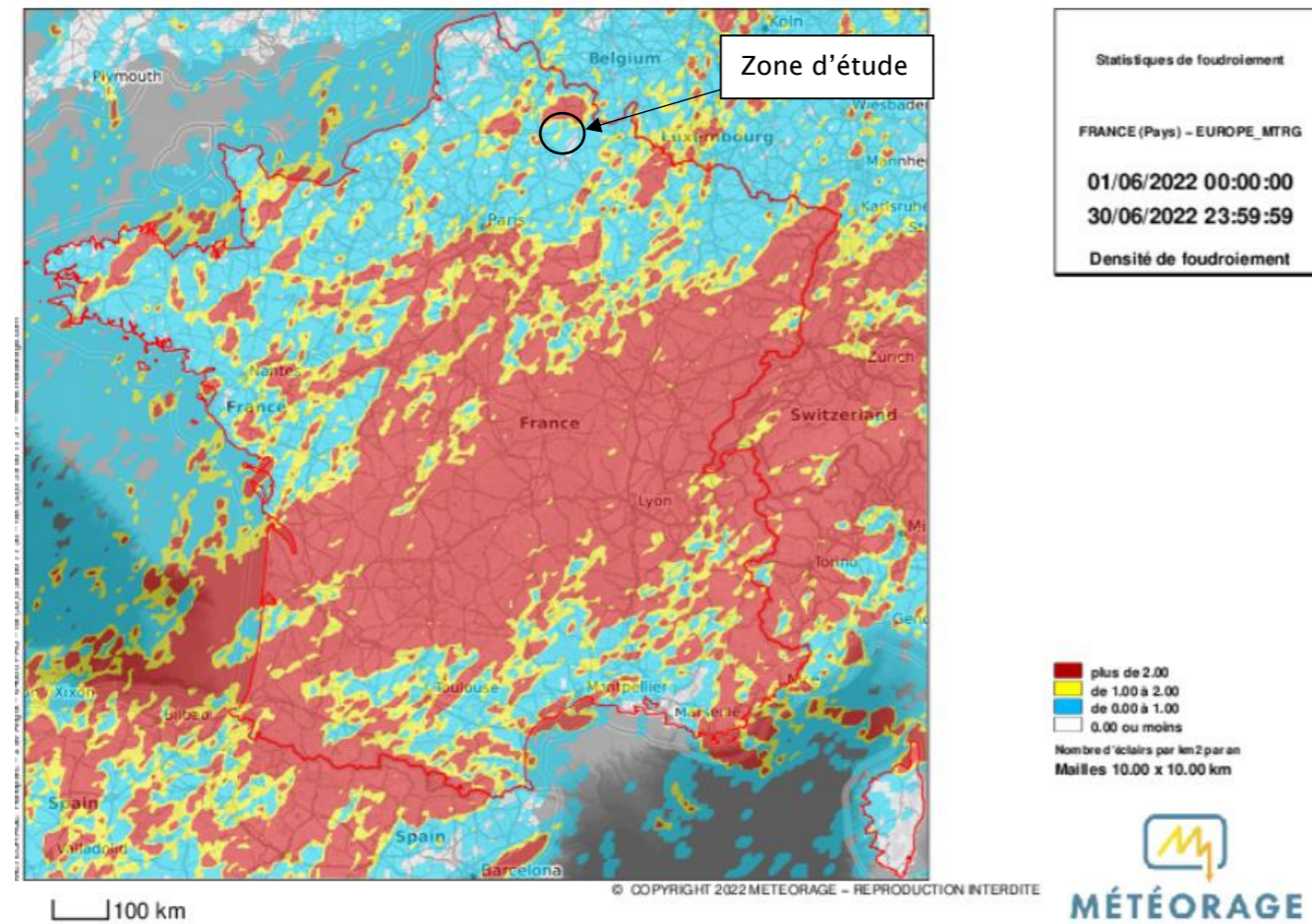


Figure 12 : Densité de foudroiement pour l'année 2022
Source : Météorage

3.3.2.6 Risque d'inondation

Le Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) est un document réglementaire destiné à faire connaître les risques et réduire la vulnérabilité des personnes et des biens. Il délimite des zones exposées et définit des conditions d'urbanisme et de gestion des constructions futures et existantes dans les zones à risques. Il définit aussi des mesures de prévention de protection et de sauvegarde.

Au sein de la zone d'étude, seule la commune de Nauroy est concernée par un Plan de prévention des risques inondations : Plan de Prévention des Risques Inondations et de la vallée de l'Escaut prescrit le 05/03/2001 et approuvé le 06/12/2011.

Aucune éolienne n'est implantée sur la commune de Nauroy.

3.3.2.7 Le risque d'inondation par remontée de nappe

Les zones sensibles aux inondations par remontée de nappe correspondent à des zones où il y a de fortes probabilités d'observer des débordements par remontée de nappe, c'est-à-dire :

- L'émergence de la nappe au niveau du sol ;
- Ou l'inondation des sous-sols à quelques mètres sous la surface du sol.

Les valeurs de débordement potentiel sont réparties en trois classes :

- « pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave » ;
- « zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe » ;
- « zones potentiellement sujettes aux inondations de cave ».

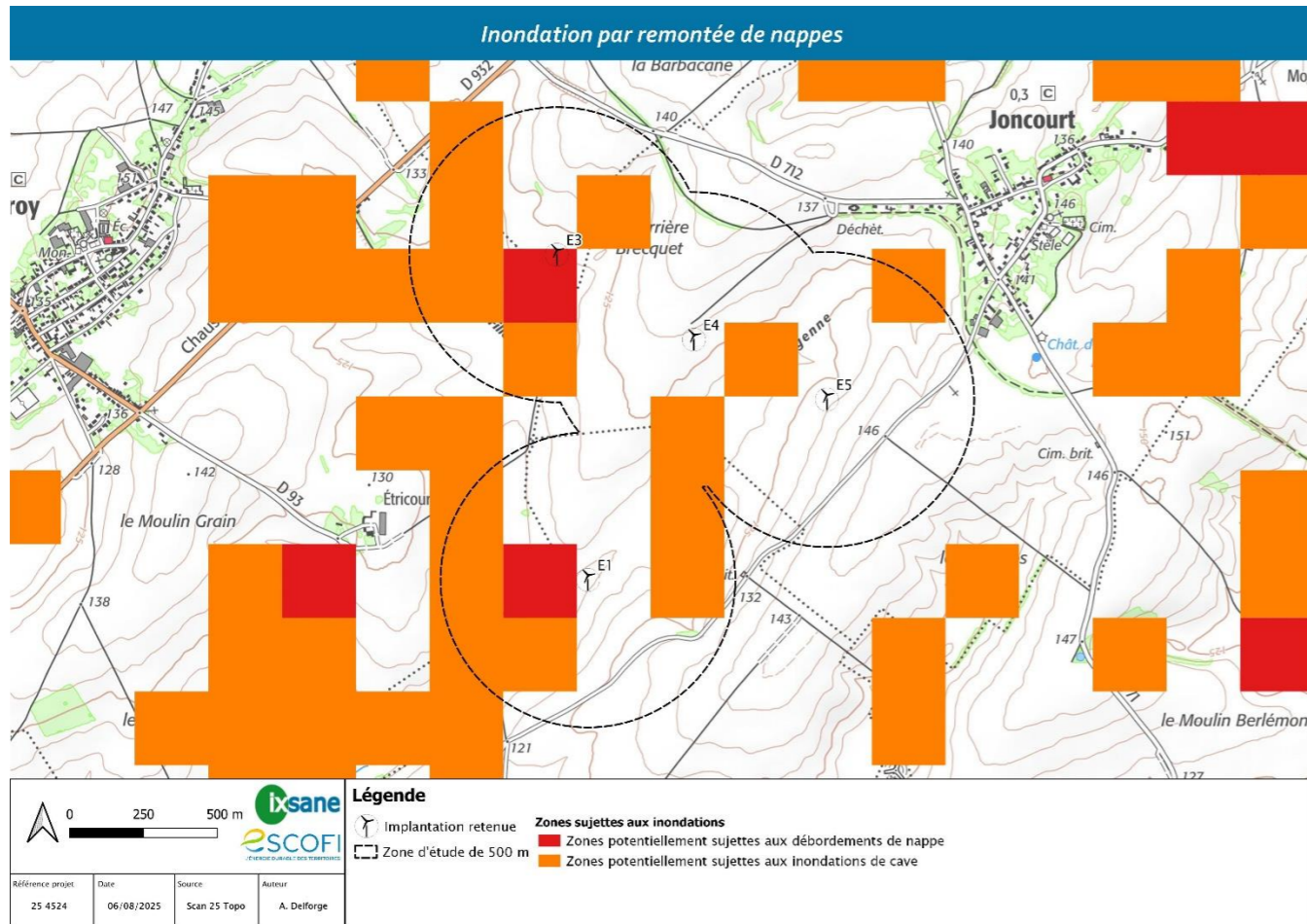


Figure 13 : Sensibilité de la zone d'étude à l'aléa remontée de nappe

Des zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe et de cave sont recensées dans la zone d'étude (notamment au niveau des éoliennes E1 et E3)

3.3.2.8 Les risques des tornades

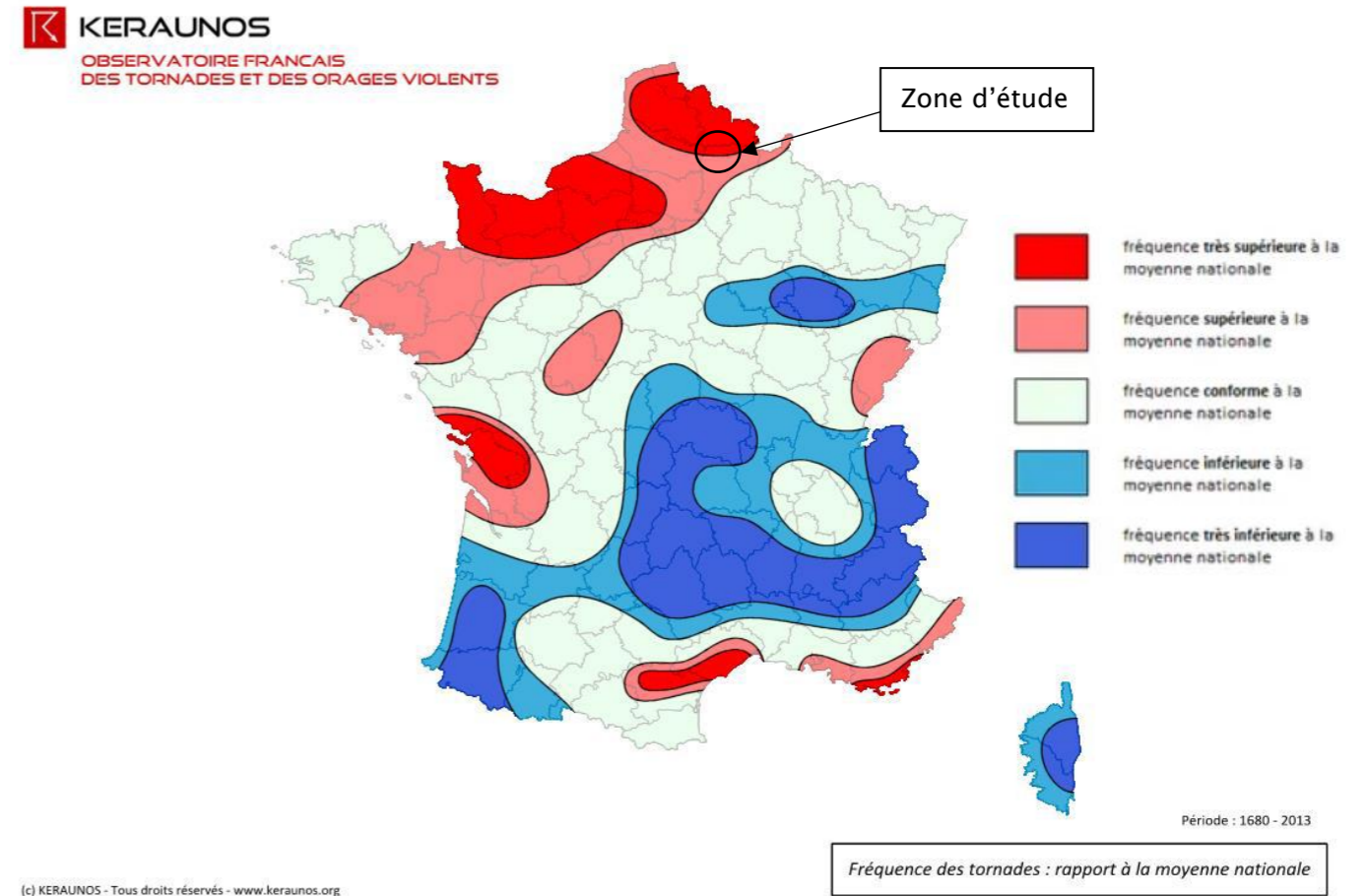


Figure 14 : Fréquence des tornades en France

Le nord du département de l'Aisne fait partie des zones qui subissent des occurrences de tornades plus marquées que la moyenne nationale. Il conjugue des reliefs peu marqués, des situations orageuses en toutes saisons et une exposition privilégiée aux flux perturbés. Tous ces critères permettent de réunir des ingrédients nécessaires à la formation des tornades.

La tornade la plus proche observée à proximité de la zone d'étude fut sur la commune d'Aubencœur-aux-Bois à 9 km au Nord-Ouest de la ZIP en 2014.

Cette tornade de faible intensité (vents estimés entre 105 et 135 km/h) a entraîné différents dégâts : arbres feuillus ou conifères ébranchés, toitures d'habitations très faiblement endommagées, pan de toit enlevé d'un bloc et projeté à faible distance, panneaux de signalisation pliés...

3.3.3 Environnement matériel

3.3.3.1 Voies de communication

Le réseau routier

Au sein de la zone d'étude, il n'est recensé que des routes aménagées secondaires et peu fréquentées (chemin, voies d'accès). La route départementale la plus proche est la D 712 à 516 m au nord-est de l'E3.

Le réseau ferroviaire

La gare la plus proche se situe à Fresnoy-le-Grand à plus de 10 km à l'est de la ZIP.

3.3.3.2 Réseaux publics et privés

Le poste de transformation d'électricité le plus proche est celui de St-Jean, situé à plus de 6 km au sud de la zone d'étude.

Une ligne électrique aérienne de 63kV passe à plus de 3 km à l'est de l'éolienne E5.

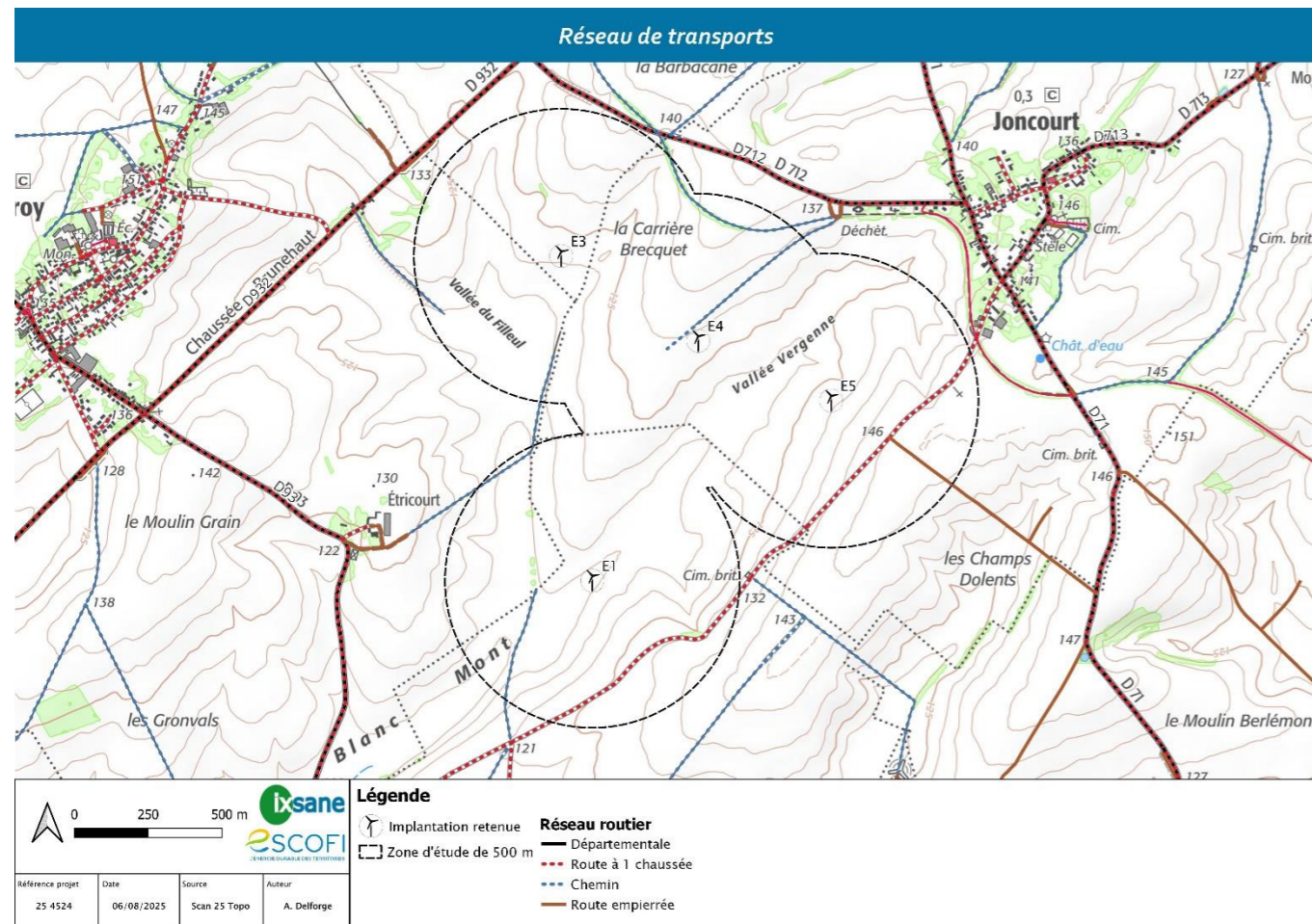


Figure 15 : Réseau de transports

3.3.4 Cartographie de synthèse

Aucune voie de circulation structurante (< 2000 véhicules/jour) n'interfère avec la zone d'étude.

En ce qui concerne les voies présentes sur le site, il s'agit de chemins agricoles, correspondants à des zones aménagées, mais peu à très peu fréquentées. On considère donc une fréquentation de 1 personne par tranche de 10 ha. La loi n° 95-101 du 2 février 1995, dite loi Barnier, a introduit au sein du Code de l'Urbanisme, l'interdiction de construire dans une bande de 100 mètres de part et d'autre de l'axe des autoroutes, des routes express et des déviations au sens du Code de la Voirie routière et de soixante-quinze mètres de part et d'autre de l'axe des autres routes classées à grande circulation.

Les chemins d'accès aux éoliennes suivent principalement les chemins agricoles existants. Quelques portions de chemins seront créées, qui ne desserviront que les éoliennes. Leur fréquentation est négligeable (environ un passage de camion tous les 3 mois en moyenne pour la maintenance des machines).

Pour le total de la fréquentation sur l'ensemble du parc éolien, les intersections entre les périmètres de 500 m autour de chaque éolienne sont donc prises en compte plusieurs fois, ce qui correspond dans la réalité au fait que ces secteurs soient exposés aux risques liés à plusieurs éoliennes.

Le tableau suivant synthétise les surfaces concernées par le projet.

| Eolienne | Zones non bâties | | Voie de circulation structurante (m) | Zone d'activité | Terrain de randonnée (m) |
|------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------------|
| | Terrains non aménagés (m ²) | Terrains aménagés et peu fréquentés (m ²) | | | |
| E1 | 776 391 | 9 006 | 0 | 0 | 0 |
| E3 | 778 872 | 6 525 | 0 | 0 | 0 |
| E4 | 779 536 | 5 861 | 0 | 0 | 0 |
| E5 | 776 792 | 8 606 | 0 | 0 | 0 |
| Ensemble du parc | 3 111 591 | 29 999 | 0 | 0 | 0 |

Tableau 6 : Décomposition synthétique des surfaces considérées dans les zones autour de chaque éolienne

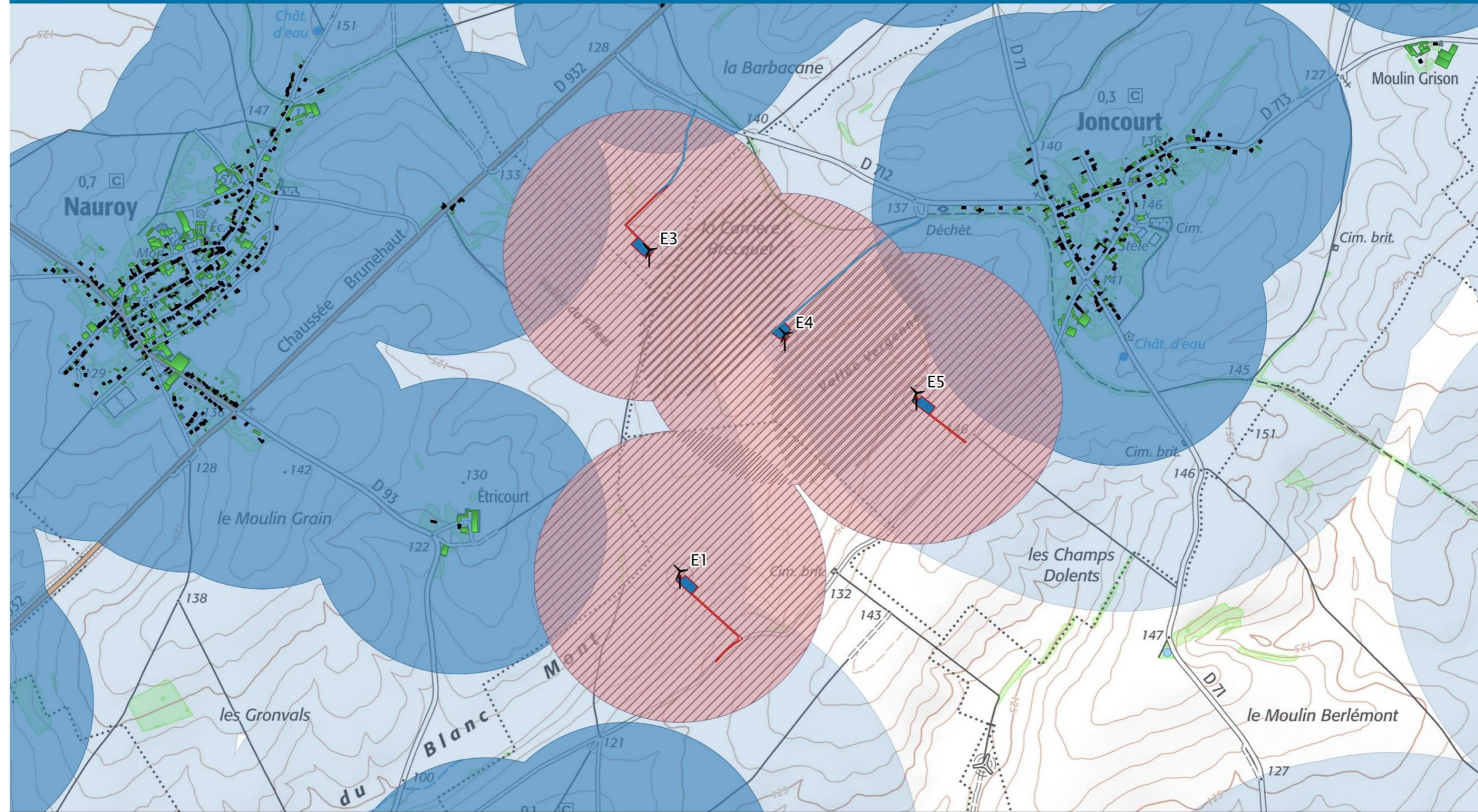
Le tableau ci-dessous montre la répartition du nombre équivalent au nombre de personnes permanentes exposées sur le périmètre de 500 m autour des éoliennes, en fonction du secteur concerné et calculé conformément à la circulaire de mai 2010 :

| Eolienne | Zones non bâties | | Voie de circulation structurante (m) | Zone d'activité | Terrain de randonnée (m) | Total |
|------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------------|-------|
| | Terrains non aménagés (m ²) | Terrains aménagés et peu fréquentés (m ²) | | | | |
| E1 | 0,78 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,87 |
| E3 | 0,78 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,85 |
| E4 | 0,78 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,84 |
| E5 | 0,78 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,86 |
| Ensemble du parc | 3,12 | 0,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,42 |

Tableau 7 : Exposition pour chaque éolienne (unité en nombre de personnes)

Pour conclure ce chapitre, les cartes dans ce paragraphe permettent d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans la zone d'étude.

Synthèse de l'exposition globale des populations



| | | | | | |
|-----------------------------------------------------------|--|---------------------------------------|--|-------------------------------|--|
| | | | | | |
| Référence projet 25 4524 | | Date 14/08/2025 | | Source Scan 25 Topo | |
| Auteur A. Delforge | | Légende | | | |
| Implantation retenue | | Zone d'étude de 500 m | | Usage des bâtiments | |
| Zone à moins de 500 m d'une habitation | | Zone à moins d' 1 km d'une habitation | | Habitation | |
| Zones non bâties – 3,42 personnes exposées sur l'ensemble | | Autres | | Accès à créer | |
| | | | | Plateforme | |
| | | | | Chemins à renforcer | |

Figure 16 : Synthèse de l'exposition globale des populations

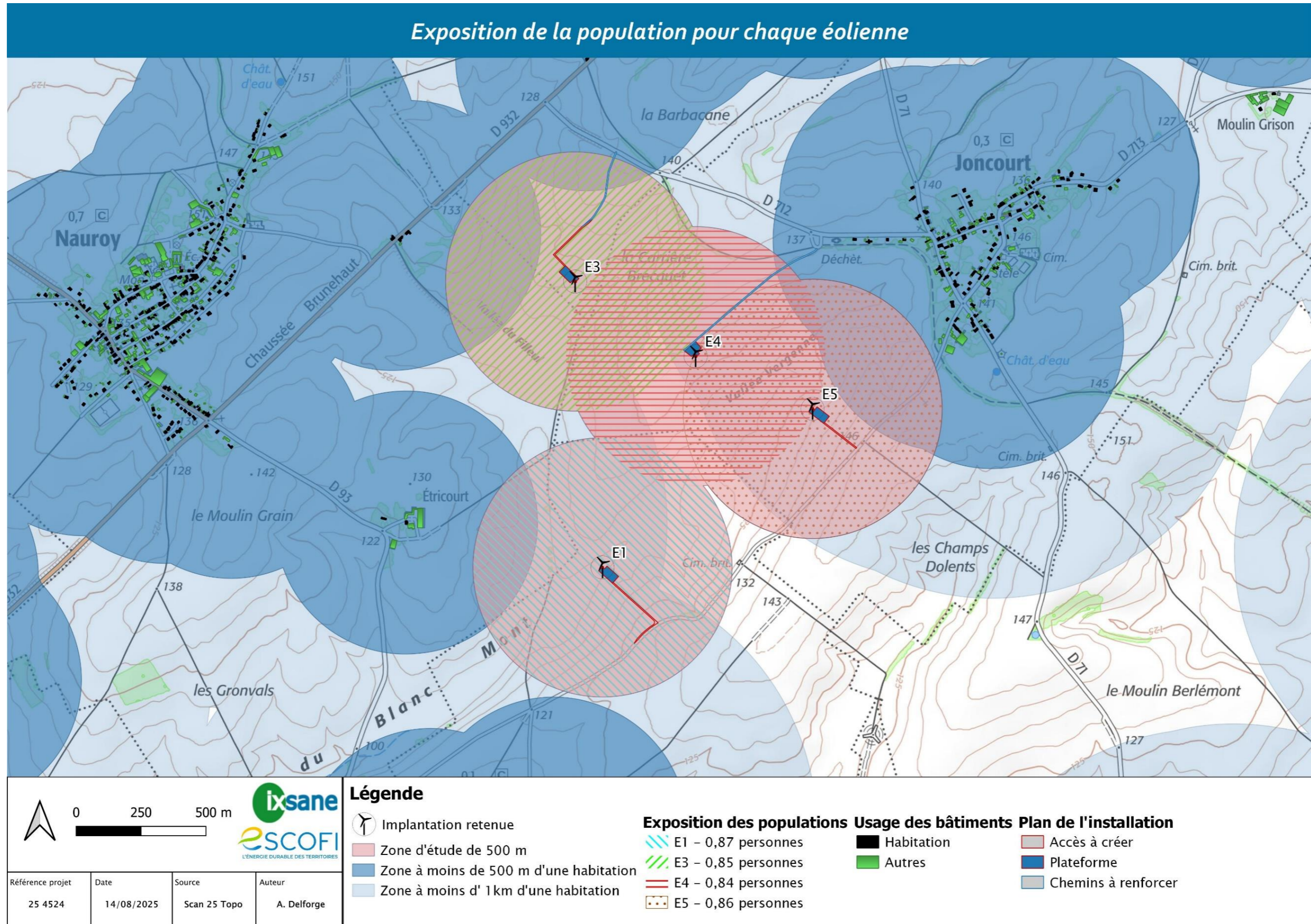


Figure 17 : Exposition de la population pour chaque éolienne

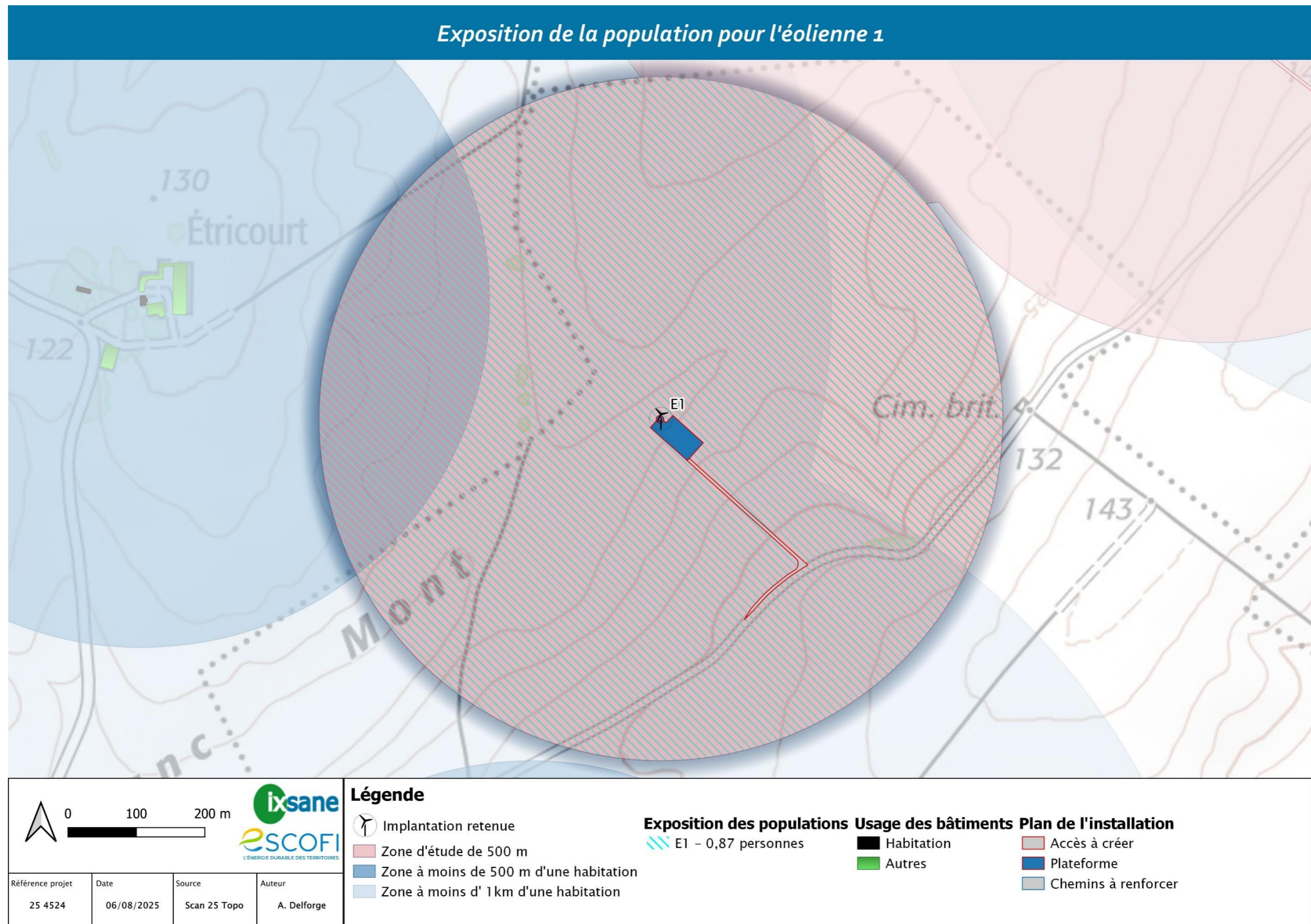


Figure 18 : Exposition de la population pour l'éolienne 1

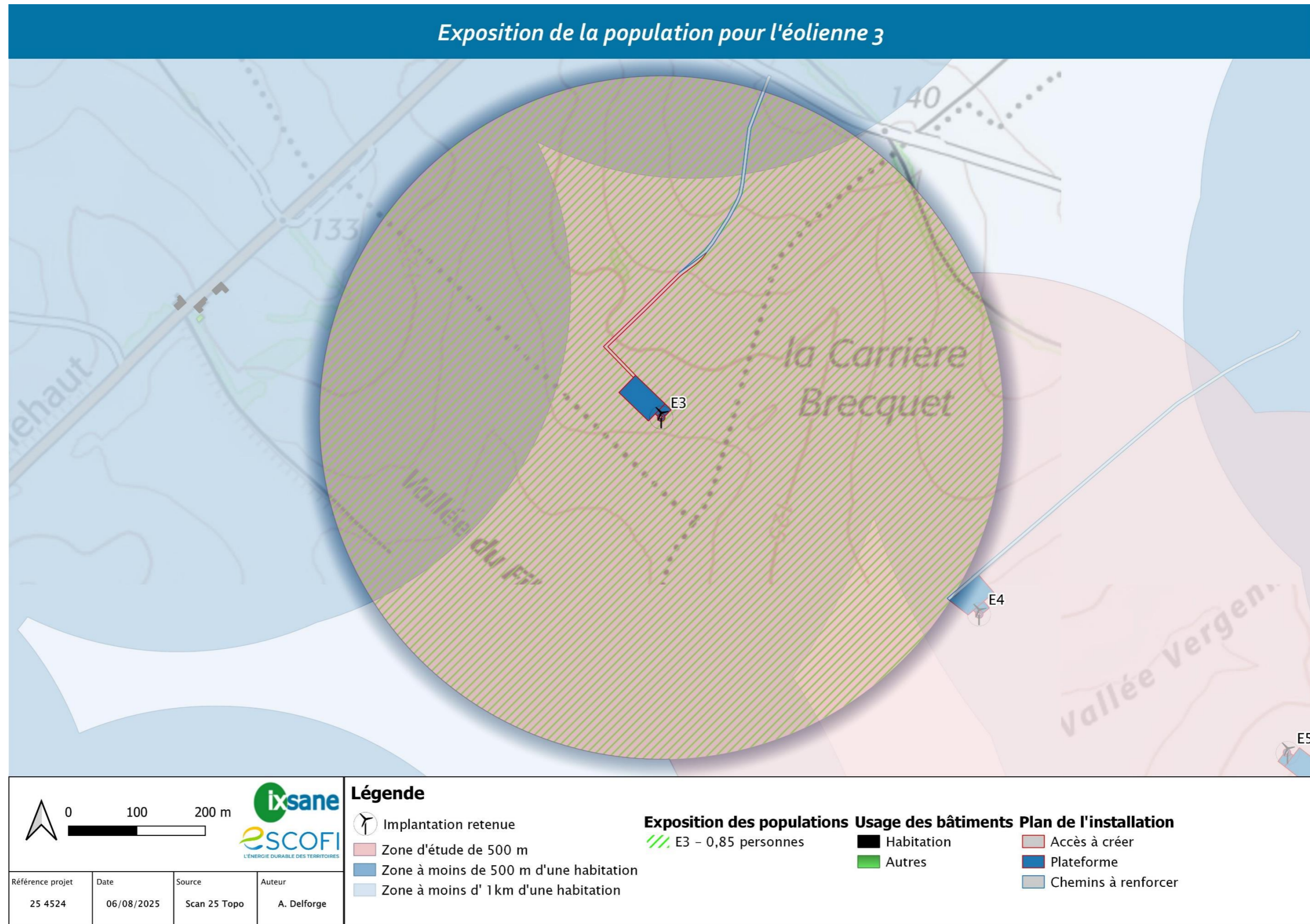


Figure 19 : Exposition de la population pour l'éolienne 3

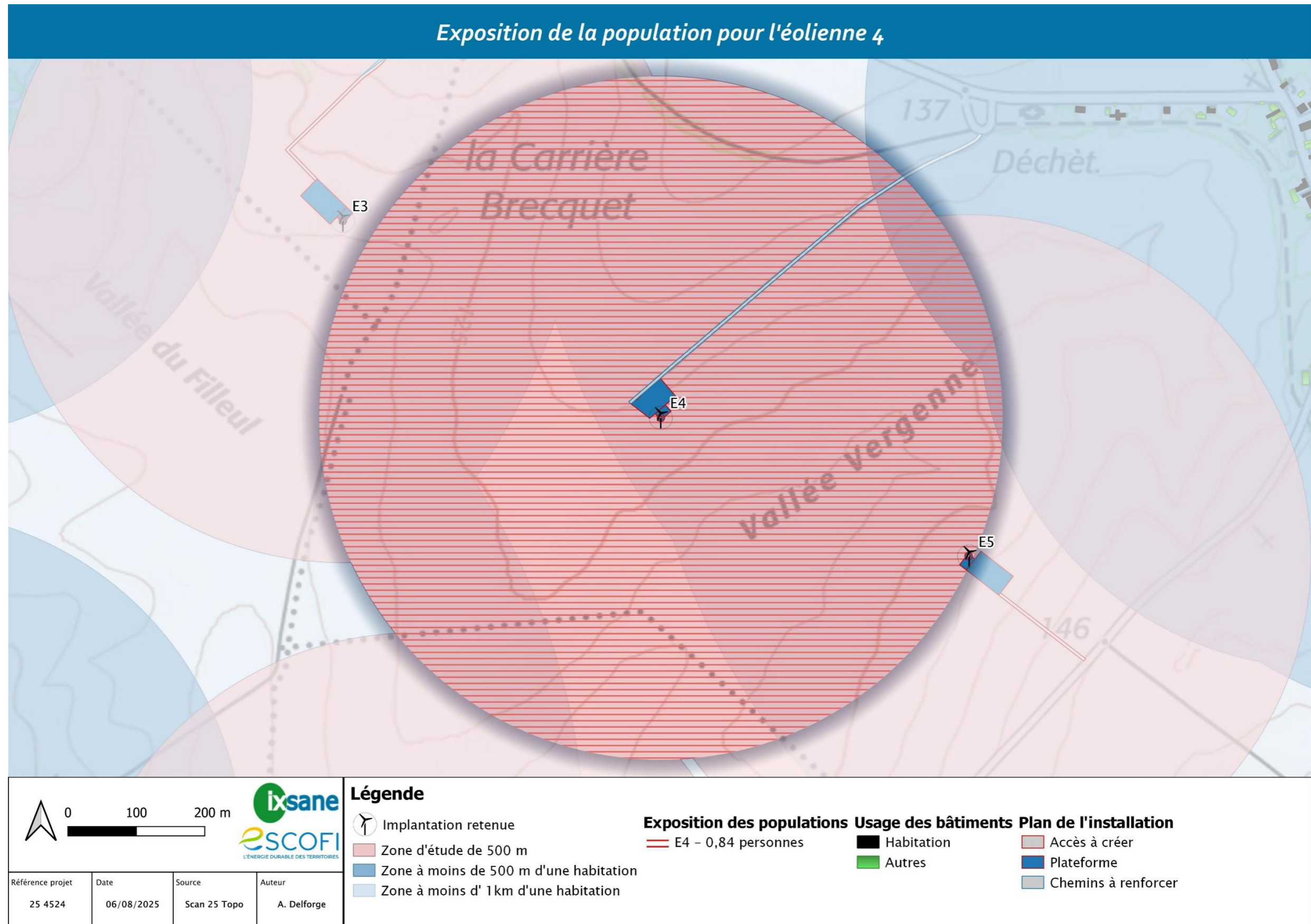


Figure 20 : Exposition de la population pour l'éolienne 4

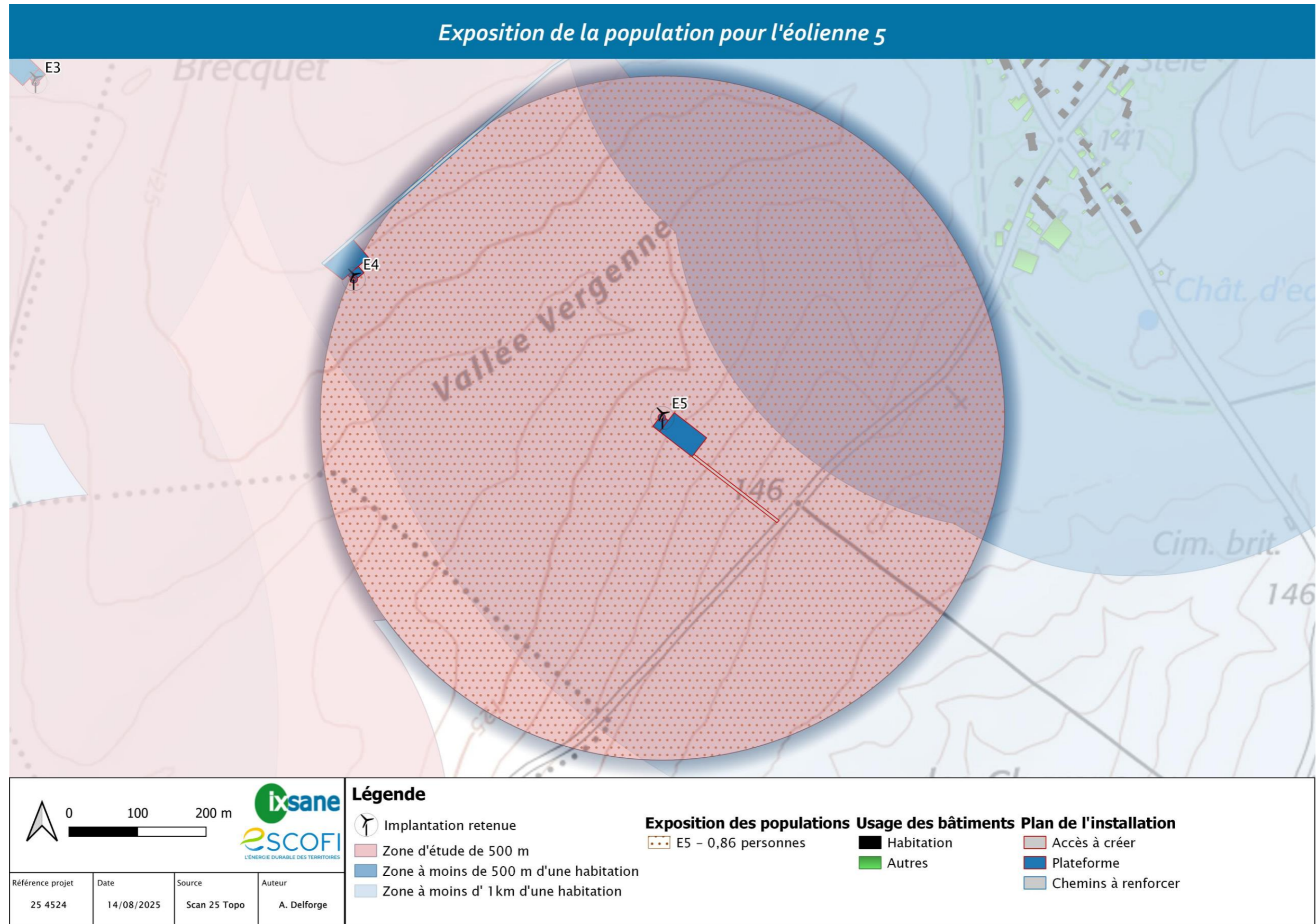


Figure 21 : Exposition de la population pour l'éolienne 5

4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

| | | |
|-----|------------------------------------------|----|
| 4.1 | Préambule | 31 |
| 4.2 | Caractéristiques de l'installation | 31 |
| 4.3 | Fonctionnement de l'installation | 35 |

4.1 Préambule

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

4.2 Caractéristiques de l'installation

4.2.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien

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

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

4.2.1.1 Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

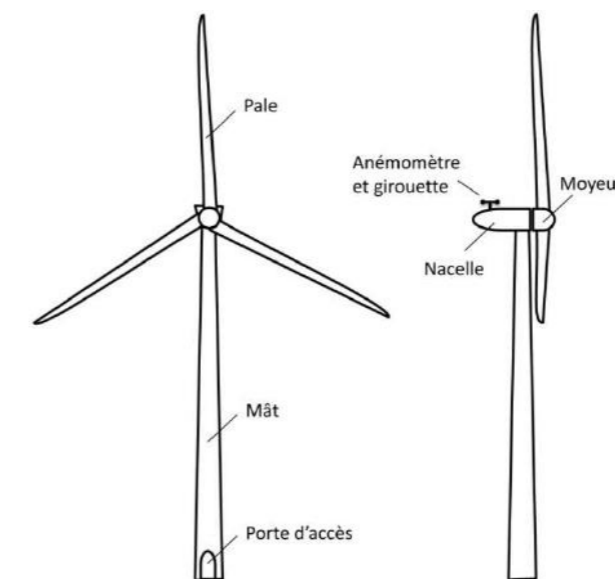


Figure 22 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

4.2.1.2 Emprise au sol

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

- **La surface de chantier** est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes ;
- **La fondation de l'éolienne** est recouverte de 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.

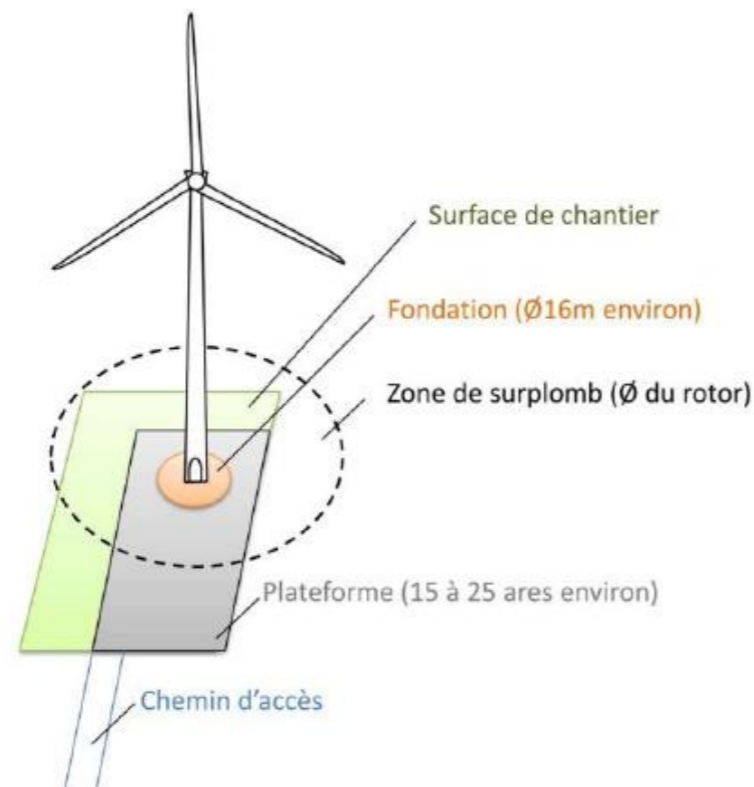


Figure 23 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

4.2.1.3 Chemin 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).

Ces accès seront carrossables et permettront aux services d'incendie et de secours d'intervenir, comme le prévoit l'article 7 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation ICPE.

4.2.1.4 Autres infrastructures

Le raccordement électrique souterrain est le réseau de câbles interne au parc éolien. Il permet de diriger l'électricité produite par les éoliennes vers les postes de livraison.

Le raccordement électrique souterrain sera établi suivant les prescriptions de l'arrêté technique du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les réseaux de distribution d'énergie électrique.

Les ouvrages seront conçus et réalisés suivant l'état de l'art, la réglementation et les normes en vigueur, notamment les normes NF C 15-100 (installations électriques basse tension), NFC 13-100 (postes de livraison), NF C 13-200 (installations électriques haute tension), NF C 33-226 (conception des câbles) et NF C 20-030 (protection contre les chocs électriques).

4.2.2 Activités de l'installation

L'activité principale du parc éolien des Champs Dolents est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur de mât de 102 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

4.2.3 Composition de l'installation

Le projet consiste en l'aménagement de 4 éoliennes et d'1 poste de livraison. Aucune construction existante n'est supprimée et aucun défrichement n'est nécessaire.

Pour les éoliennes du parc éolien des Champs Dolents, un modèle d'éolienne est pressenti :

- Nordex N149.

| Eolienne | NORDEX N149 |
|-----------------------------------|-------------|
| Puissance nominale | 4,5 MW |
| Diamètre du rotor | 149,1 m |
| Longueur d'une pale | 72,4 m |
| Largeur maximale d'une pale | 4,2 m |
| Hauteur du moyeu | 104,7 m |
| Diamètre maximum à la base du mât | 4,3 m |
| Hauteur en bout de pale | 179,2 m |
| Hauteur du mât | 102 m |

Tableau 8 : Caractéristiques des modèles d'éolienne pressentis

Le poste de livraison aura comme dimension : une longueur de 9 m, une largeur de 3 m et une hauteur de 2,7 m.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des 4 aérogénérateurs ainsi que du poste de livraison :

| Eolienne / Poste | Lambert 93 | | WGS 84 (°) | |
|------------------|--------------|----------------|------------|---------|
| | X | Y | X | Y |
| E1 | 720 004,4400 | 6 982 865,5400 | 3,2785 | 49,9441 |
| E3 | 719 899,1980 | 6 983 968,2780 | 3,2770 | 49,9540 |
| E4 | 720 363,6700 | 6 983 679,9500 | 3,2835 | 49,9514 |
| E5 | 720 814,3259 | 6 983 477,5770 | 3,2898 | 49,9496 |
| PDL 1 | 720 975,17 | 6 983 339,00 | 3,2919 | 49,9483 |

Tableau 9 : Coordonnées géographiques du parc

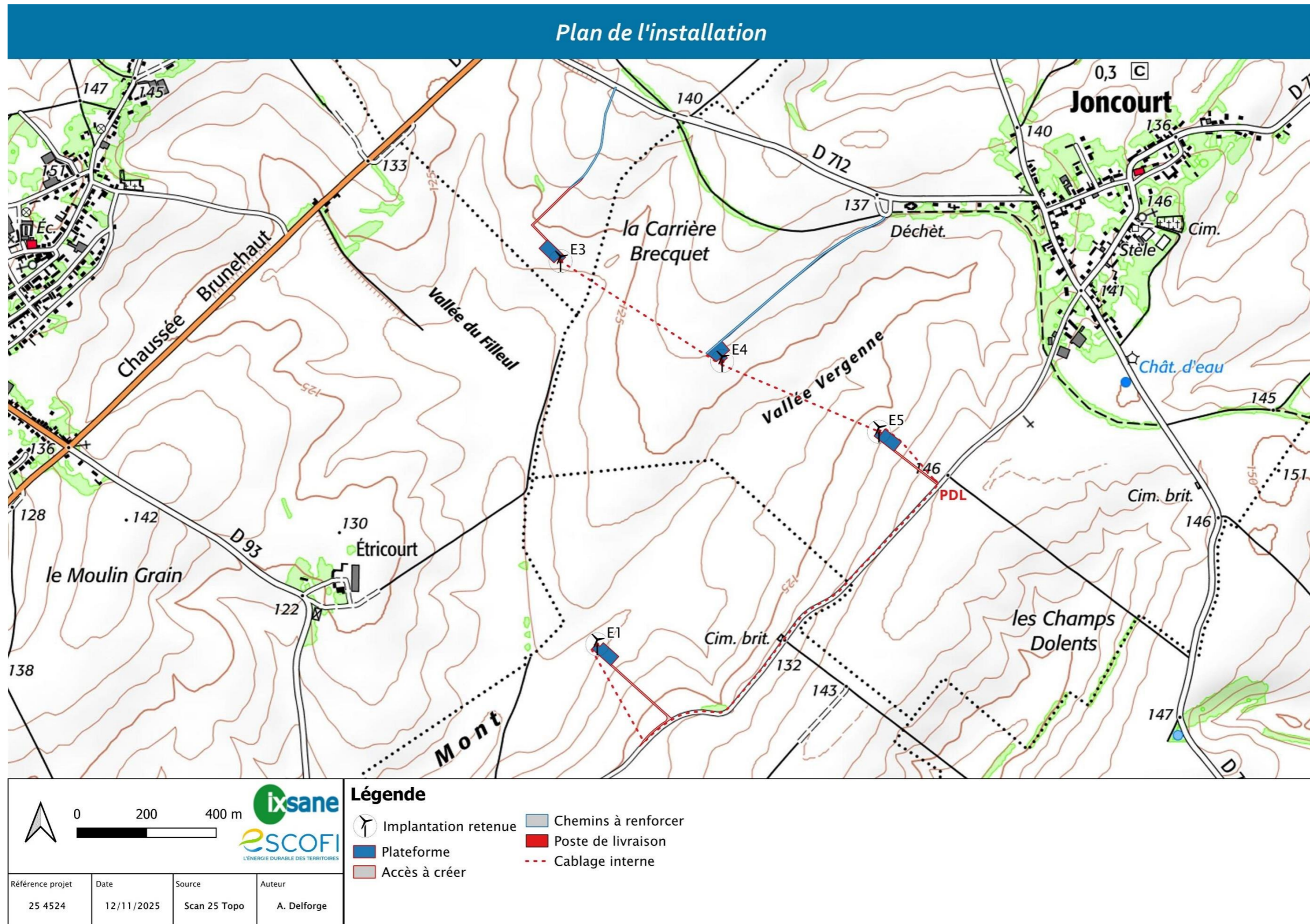


Figure 24 : Plan de l'installation

4.3 Fonctionnement de l'installation

4.3.1 Principes 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 détecte la direction du vent, le rotor se positionnera pour être continuellement face au vent.

Les pales se mettent en mouvement à partir de vents de 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne est couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

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

Pour un aérogénérateur de 3 MW par exemple, la production électrique atteint 3000 kW dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif d'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 injecté 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.

Le tableau ci-contre expose de façon synthétique le découpage fonctionnel de l'installation.

| <i>Élément de l'installation</i> | <i>Fonction</i> | <i>Caractéristiques</i> |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fondation | Ancre et stabilise le mât dans le sol | En béton armé. Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction |
| Mât | Supporte le rotor et la nacelle | Tubulaire en acier, composé de 3 à 4 sections. Protection contre la corrosion avec un système de revêtement de surface selon la norme ISO 12944 |
| Nacelle | Supporte le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité | Composée de l'arbre de rotor qui transmet le mouvement de rotation des pales, de la boîte de vitesse, de la génératrice, du frein mécanique du rotor, des moteurs qui permettent l'orientation de la nacelle, pivotable sur la tour. |
| Rotor / pales | Capte l'énergie du vent et la transmet à la génératrice | 3 pales en plastique renforcé de fibres de verre et de carbone de haute qualité. Orientation des pales contrôlée par le système de commande |
| Transformateur | Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau | Situé à l'intérieur du mât |
| Poste de livraison | Adapte les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public | Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau |
| Générateur électrique | Produit l'électricité | Générateur asynchrone à double alimentation et convertisseur de fréquence |

Tableau 10 : Présentation des différentes composantes de l'installation

4.3.2 Sécurité de l'installation

Règles de conception et système qualité

Les constructeurs, fournissant les machines et en assurant la maintenance, est certifiée ISO 9001. Le système de management de la qualité et tous les processus de production sont conformes à la norme ISO 9001.

Les aérogénérateurs font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et Normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes, et notamment :

- la norme IEC61400-1 / NF EN 61400-1 Juin 2006 intitulée « Exigence de conception », qui spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie prévue. Elle concerne tous les sous-systèmes des éoliennes tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien ; La norme IEC 61400-1 spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes ;
- la norme IEC61400-22 / NF EN 61400-22 Avril 2011 intitulée « essais de conformité et certification », qui définit les règles et procédures d'un système de certification des éoliennes comprenant la certification de type et la certification des projets d'éoliennes installées sur terre ou en mer. Ce système spécifie les règles relatives aux procédures et à la gestion de mise en œuvre de l'évaluation de la conformité d'une éolienne et des parcs éoliens, avec les normes spécifiques et autres exigences techniques en matière de sécurité, de fiabilité, de performance, d'essais et d'interaction avec les réseaux électriques ;
- la norme CEI/TS 61400-23 :2001 Avril 2001 intitulée « essais en vraie grandeur des structures des pales » relative aux essais mécaniques et essais de fatigue.

D'autres normes de sécurité sont applicables :

- la génératrice est construite suivant le standard IEC60034 et les équipements mécaniques répondent aux règles fixées par la norme ISO81400-4 ;
- la protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4 ;
- la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004 relative aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques ;
- le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 9223.

Au cours de la construction de l'éolienne, le maître d'ouvrage mandatera un bureau de vérification pour le contrôle technique de construction.

Les performances des éoliennes sont garanties dans la mesure où les conditions d'installation sont conformes aux spécifications du constructeur.

Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel

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 relatives à la sécurité de l'installation ainsi qu'aux principales normes et certifications applicables à l'installation.

Cela concerne notamment :

- L'éloignement de 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 et de 300 mètres d'une installation nucléaire ;
- L'implantation de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens ;
- La présence d'une voie d'accès carrossable entretenue permettant l'intervention des services d'incendie et de secours ;
- Le respect des normes suivantes : norme NF EN 61 400-1 (version de juin 2006) ou CEI 61 400-1 (version de 2005) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne ;
- L'installation conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation ;
- Le respect des normes suivantes : norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010), normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009) ;
- L'installation conforme aux dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables ;
- Le balisage de l'installation conformément aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L.6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile ;
- Le maintien fermé à clé des accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, des postes de transformation, de raccordement ou de livraison, afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements ;
- L'affichage visible des prescriptions à observer par les tiers sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur les postes de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement ;
- La réalisation d'essais d'arrêt permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs ;
- L'interdiction d'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables.

La description détaillée des différents systèmes de sécurité de l'installation sera quant à elle effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques.

Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes

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

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

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

De plus, les éoliennes sont équipées d'un système de contrôle à distance des données. La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS. Le logiciel de supervision (SCADA - Supervising Control And Data Acquisition) utilisé sera propre à la solution développée par le constructeur.

Le SCADA constitue un terminal de dialogue entre l'automate et son système d'entrée/sortie, connecté en réseau au niveau des armoires de contrôle.

4.3.3 Nature et organisation des secours

Il est essentiel que le parc éolien des Champs Dolents soit connu, localisé et que les procédures appropriées aient été définies par les services de secours concernés. C'est suite à l'obtention de l'autorisation environnementale que l'exploitant du parc prend contact avec les services de secours, et utilise la fiche de renseignement en page suivante qui propose un menu d'informations à mettre à disposition du service de secours.

En cas de sinistre, les pompiers seront prévenus par le personnel du site ou les riverains directement par le 18. L'appel arrivera au Centre de Traitement des Appels (CTA), qui est capable de mettre en œuvre les moyens nécessaires en relation avec l'importance du sinistre. Cet appel sera ensuite répercuté sur le Centre de Secours disponible et le plus adapté au type du sinistre.

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

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

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

| Annexe Fiche GT sécurité N°1 : Intervention des services de secours | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----|
| N° | Renseignements | Utile aux services de secours | |
| | | OUI | NON |
| Demander aux services de secours si ils veulent avoir : | | | |
| 1 | Le nom du parc | | |
| 2 | Les plan d'accès, cartes avec chemin d'accès surlignés | | |
| 3 | Les coordonnées géographiques (WGS84 / Lambert) de chaque machine + poste de livraison | | |
| 4 | Les N° des machines + postes (N° constructeurs avec la correspondance avec les N° exploitant) | | |
| 5 | Le N° de téléphone de l'astreinte technique de l'exploitant (chargé de conduite) | | |
| 6 | La hauteur du moyeu | | |
| 7 | La hauteur du mât | | |
| 8 | La définition d'un périmètre de sécurité en cas de besoin (350 à 500 m) | | |
| 9 | La localisation et l'intensité des différentes sources de tension (plan, schéma, ...) | | |
| 10 | La localisation des postes de livraison / de transformation | | |
| 11 | La présence de SF6 ou non dans les transformateurs (ou de toutes autres substance dangereuse) | | |
| 12 | Le type de transformateur : sec ou à bain d'huile | | |
| 13 | Les systèmes antichutes et EPI généraux en place | | |
| 14 | Le nombre et la hauteur des différents paliers | | |
| 15 | Le N° du Point de Secours Public (si présent) | | |
| 16 | La présence de panneautage ou non + localisation sur plan | | |
| 17 | Un plan d'évacuation de la machine avec sorties d'urgence pour l'évacuation | | |
| 18 | Points d'ancrage | | |
| 19 | La localisation sur plan de l'alimentation BT / HT + des arrêts d'urgence | | |
| 20 | Le système d'ouverture des portes (et la nécessité ou non d'utiliser des outils spécifiques pour l'ouverture) | | |
| 21 | Leur demander si un véhicule de désincarcération doit être demandé spécifiquement en cas de nécessité d'intervention | | |
| Nombre total de document à fournir aux services de secours = | | | |
| QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES IMPORTANTES | | OUI | NON |
| 22 | Avez-vous besoin d'autres informations ? Si oui, lesquelles ? | | |
| 23 | Est il possible d'organiser des exercices / simulation d'évacuation d'urgence / d'incendie avec vos services ? | | |
| 24 | Est il possible de venir vous rencontrer directement dans votre centre de dispatching des appels d'urgence / Centre d'Appel Téléphonique (C.A.T) afin d'établir un contact et de vous communiquer la documentation de prévention déployée sur le parc ? | | |
| INFORMATIONS UTILES A COMMUNIQUER AUX SERVICES DE SECOURS | | | |
| Les services de secours n'ont pas de manipulation à faire dans la machine qui devrait être déjà en sécurité s'ils doivent faire du secours à personne dans la mesure où une machine doit être arrêtée et sécurisée avant que quiconque ne puisse y pénétrer. | | | |
| Il est possible de couper tout le parc en le demandant à ERDF en dernier recours => indiquer ici les coordonnées de l'exploitant qui peut demander la coupure au gestionnaire de réseau | | | |

Figure 25 : Fiche de sécurité d'intervention des secours

Les conditions d'intervention et les pratiques demandées par les services de secours se décomposent comme suit :

- **Accès au parc :**
 - La localisation doit être impérativement communiquée au début des travaux de construction du parc éolien.
 - Afin de faciliter l'accès au parc et de réduire le temps d'intervention, des mesures pratiques sont définies avec les services de secours. Elles peuvent être à titre d'exemple :
 - ✓ Demander la création d'un Point de Secours Public (PSP) ;
 - ✓ Indiquer l'emplacement des installations par un marquage important et visible de loin sur chaque machine ;
 - ✓ Installer des panneaux indicatifs aux croisements des routes départementales et des chemins d'accès aux installations.
- **Accès aux machines :**
 - Par mesure de sécurité, l'exploitant du parc éolien ferme à clef la porte d'entrée de l'éolienne lors de toute intervention du personnel. Afin de réduire le temps d'intervention, les approches suivantes peuvent être mises en place par exemple :
 - ✓ Mettre les clés à disposition en partie basse (dans les véhicules d'intervention) ;
 - ✓ Fournir un double de clés passe-partout au centre de secours le plus proche.
- **Accès à la nacelle :**
 - Les services de secours ont toujours à leur disposition leur propre matériel d'intervention pour l'utilisation duquel ils sont formés ;
 - Cependant, en fonction du constructeur et du type de machine pour la construction du parc, il se peut que le sac de matériel ne passe pas les trappes intermédiaires et/ou la nacelle/ le hub. Il faudra donc faire un exercice d'entraînement avec les services de secours dans un délai raisonnable suivant la mise en service du parc. Le mode d'emploi du palan/treuil pour monter le matériel de sauvetage dans la nacelle sera communiqué aux services de secours ;
 - Les points suivants sont également renseignés et agréés avec les services de secours concernés :
 - ✓ Mise à disposition d'un sac d'Équipement de Protection Individuel complet (à leur remettre directement ou bien à laisser à demeure en machine ou au poste de livraison) ;
 - ✓ Mise à disposition de chariots antichute adaptés aux lignes de vie installées en machine ;
 - ✓ Communication aux services de secours des manuels/ consignes d'utilisation des élévateurs de charges et de personnes, des treuils et palans ainsi que ceux de tout EPI mis à leur disposition.

- **Simulation d'intervention et exercices d'évacuation**

- Un exercice d'évacuation et de simulation d'intervention est organisé avec les services de secours concernés dans un délai de 6 mois à 1 an suivant la mise en service industrielle du parc éolien (cette demande sera formalisée par l'intermédiaire de la fiche de sécurité ci jointe). Pour cela, une éolienne du parc sera mise à disposition ;
- Des exercices périodiques sont organisés entre les services de secours et l'exploitant du parc.

Le Centre de Secours le plus proche est situé à Guise.

4.3.4 Consignes et procédures de sécurité

La présente étude de dangers se concentre essentiellement sur les dangers et les accidents potentiels que le parc éolien des Champs Dolents pourrait causer à des tiers. En revanche, il est essentiel que préalablement à cette problématique, les aérogénérateurs présélectionnés assurent la sécurité des personnels intervenant dans les machines. C'est pourquoi, pour les modèles envisagés il existe 3 niveaux de prévention et de sécurité.

- **Procédure de sécurité et d'urgence**

Tous les aérogénérateurs ont un système d'étiquetage des dangers dans les nacelles et les mâts des éoliennes. Cet étiquetage prévient les risques de chutes, d'écrasement d'électrocution et d'incendie dans les machines. De plus, chaque machine est pourvue d'un plan d'évacuation, d'une trousse de premiers secours et d'un panneau indiquant les numéros et lieux des médecins, hôpitaux et urgences les plus proches ainsi que le numéro de la personne responsable à appeler en cas d'urgence.

- **Utilisation et entretien des machines**

Toutes les machines disposent d'un manuel d'utilisation dans chacune des machines indiquant le fonctionnement de l'éolienne et des divers équipements annexes la composant (monte-charge, treuil, ...). De plus, un manuel de maintenance ou guide d'entretien des machines détaillant la nature et la périodicité des travaux de maintenance est également à disposition dans chacune des machines. Enfin, un carnet de visite (log book) est à disposition dans chaque machine. Celui-ci doit être rempli et complété par chaque personne entrant et intervenant dans la machine avec les informations suivantes :

- Heure d'entrée ;
- Heure de sortie ;
- Nature de l'intervention ;
- Matériel utilisé.

- **Consignes de sécurité**

Chaque turbinière met à disposition de l'exploitant un manuel Sécurité Santé au Travail. De plus, lors de la mise en service industriel du parc, un plan de prévention est mis à disposition par l'exploitant et doit être signé et pris en compte par toute entreprise extérieure intervenant dans les turbines.

4.3.5 Opérations de maintenance de l'installation

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

- **Type 1** : vérification après 300 à 500 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 2** : vérification semestrielle des équipements mécaniques et hydrauliques ;
- **Type 3** : vérification annuelle des matériaux (soudures, corrosions), 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.

Pour la maintenance, une équipe de techniciens spécialisés sera employée. 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.

4.3.6 Stockage et flux de produits dangereux

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

De plus, une fiche « données / Sécurité » de chaque produit dangereux est fournie par les constructeurs.

4.3.7 Fonctionnement des réseaux de l'installation

Dans la carte de présentation de l'ensemble de l'installation, l'organisation de l'installation (câbles électriques enterrés) est exposée et ce réseau électrique respecte les normes ICPE en vigueur.

4.3.7.1 Raccordement électrique

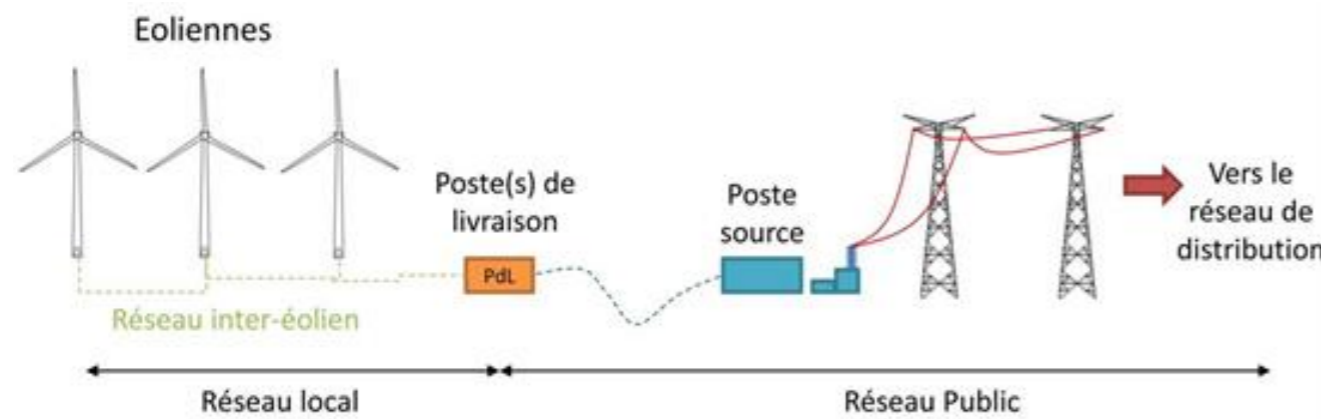


Figure 26 : Raccordement électrique des installations

- Réseau inter-éolien

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

Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.

Ces câbles, dont la section en cuivre ou aluminium est de 150 ou 240 mm², constituent le réseau interne de la centrale éolienne et sont conçus suivant la norme NFC 33-226. Ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm conformément à la norme NFC 13-200.

- Poste de livraison

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

La localisation exacte de l'emplacement du ou des poste(s) de livraison est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée.

Les installations électriques des postes de livraison sont conformes à la norme NFC 13-100.

- Réseau électrique externe

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

4.3.7.2 Autres réseaux

Le parc éolien des Champs Dolents 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.

5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

| | | |
|-----|--------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1 | Préambule | 41 |
| 5.2 | Potentils de dangers liés aux produits..... | 41 |
| 5.3 | Potentils de dangers liés au fonctionnement de l'installation..... | 42 |
| 5.4 | Réduction des potentiels de dangers à la source..... | 42 |

5.1 Préambule

Ce chapitre de l'étude de dangers a pour objectif de mettre en évidence les éléments de l'installation pouvant constituer un danger, 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.

5.2 Potentiels de dangers liés aux produits

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien des Champs Dolents 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 n'est stocké dans les aérogénérateurs ou les postes de livraison.

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien des Champs Dolents sont :

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

Les substances et produits chimiques mis en œuvre dans l'installation sont limités. Les produits pouvant être présents en phase exploitation sont les suivants :

- L'huile hydraulique dont la quantité varie selon le type d'aérogénérateur, de quelques dizaines de litres à quelques centaines) ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur : 300 à 400L ;
- L'eau glycolée pour le refroidissement ;
- Les différentes graisses pour le bon fonctionnement des roulements et systèmes d'entraînement ;
- L'hexafluorure de soufre comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique ;
- Certains autres produits peuvent être utilisés lors des maintenances tels que des lubrifiants, produits de nettoyage. Leur utilisation ne nécessite cependant que quelques litres au plus.

La liste des produits chimiques présents dans les installations ou utilisés lors des maintenances est fournie à l'exploitant par le constructeur et le mainteneur accompagnée des fiches de donnée de sécurité associées.

Potentiels de dangers de ces 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 (Depuis 1960, le gaz SF6 est utilisé en tant que gaz d'extinction de l'arc et gaz isolant pour les appareils à Haute & Moyenne Tension) 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 (à causticité marquée).

- Dangerosité 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 très limitées (seulement 1 à 2 kg de gaz dans les cellules de protection).

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 du milieu.

En conclusion, il ressort que les produits ne présentent pas de réel danger, si ce n'est lorsqu'ils sont soumis à un incendie, où ils vont entretenir cet incendie, ou s'ils sont déversés dans l'environnement générant un risque de pollution des sols ou des eaux.

5.3 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement d'un 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 sont recensés dans le tableau suivant :

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

Tableau 11 : Liste des dangers potentiels identifiés dans le cadre du fonctionnement d'un parc éolien

5.4 Réduction des potentiels de dangers à la source

5.4.1 Principales actions préventives

5.4.1.1 Choix de l'emplacement des installations et du modèle d'éolienne

Les éoliennes sont situées au centre d'un territoire agricole, à plus de 500 m des habitations situées aux abords. L'environnement immédiat jusqu'à une hauteur de chute de chaque éolienne est constitué principalement de terrains agricoles et de voies de communication peu fréquentées. La fréquentation liée aux activités agricoles ne représentera qu'une faible fréquentation du site. De plus, l'implantation s'éloigne au maximum des chemins agricoles et des voies communales, pour éviter leur survol par les pales. Plusieurs expertises ont été réalisées (Cf. étude d'impact, expertises acoustique et visuelle) afin de choisir un modèle adapté à ce projet.

Ces modèles d'aérogénérateurs sont en conformité avec la réglementation ICPE en associant puissance et efficacité acoustique. L'ensemble de ces caractéristiques garantit une sécurité optimale de l'installation. Elles sont bien entendues adaptées au régime de vent sur le site.

5.4.1.2 Substitution des produits par des produits moins dangereux et réduction des quantités

Les produits présents sur chaque éolienne (huile, fluide de refroidissement) sont des produits classiques utilisés dans ce type d'activité. Ils ne présentent pas de caractère dangereux marqué et les quantités mises en œuvre sont adaptées aux volumes des équipements.

Le SF6 est un très bon isolant et ne dispose pas à ce jour de produit de substitution présentant des qualités équivalentes. De plus, malgré son caractère de gaz à effet de serre, il ne présente pas de danger pour l'homme (inflammable et non toxique). Il n'est donc pas prévu de solution de substitution. L'utilisation du SF6 constitue déjà une mesure d'évitement du risque.

5.4.2 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.

6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

| | | |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.1 | Préambule | 44 |
| 6.2 | Inventaire des accidents et incidents en France | 44 |
| 6.3 | Inventaire des accidents et incidents à l'international..... | 47 |
| 6.4 | Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience | 48 |

6.1 Préambule

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

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie 8 pour l'analyse détaillée des risques.

6.2 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 des Champs Dolents. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (mars 2012). Celui-ci a été complété par la consultation de la base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) en mars 2023.

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, consultation en mars 2023 ;
- 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 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 (voir tableau détaillé en annexe).

Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné. Il est complété en mars 2016, par 13 incidents supplémentaires enregistrés en France entre 2012 et fin 2015.

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 2015. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique sont présentés :

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

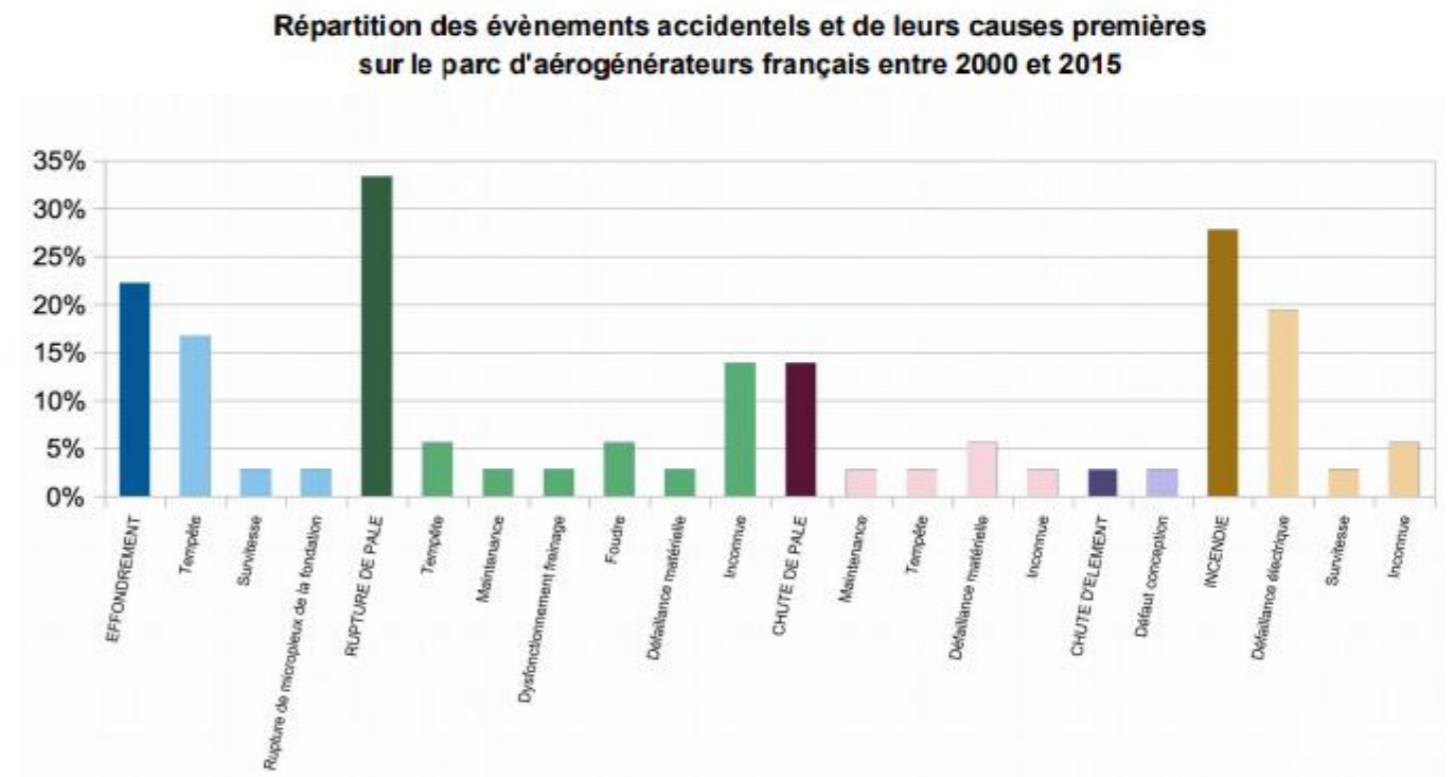


Figure 27 : Répartition des événements accidentels sur les parcs éoliens français entre 2000 et 2015

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les incendies, les effondrements, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. La principale cause de ces accidents sont les tempêtes (hors incendie liés principalement à des défaillances électriques).

Sur la période 2016 / 2022 ont été recensés par la base de données ARIA :

| Type d'incident | Commune | Date |
|------------------------------------------------|----------------------------|------------|
| Rupture de l'aérovein d'une pale d'éolienne | Conilhac-Corbières (11) | 07/02/2016 |
| Electrisation d'un employé dans une éolienne | Les Grandes-Chapelles (10) | 14/09/2016 |
| Le vent endommage une éolienne | Dineault (29) | 08/02/2016 |
| Chute d'une pale d'éolienne | Calanhel (22) | 07/03/2016 |
| Chute d'une pale d'éolienne | Calanhel (22) | 07/03/2016 |
| Fuite d'huile dans une éolienne | Janville (28) | 28/05/2016 |
| Feu dans une éolienne | Dargies (60) | 18/08/2016 |
| Electrisation d'un employé dans une éolienne | Les Grandes-Chapelles (10) | 14/09/2016 |
| Fissure sur une pale d'éolienne | Le Quesnoy (59) | 11/01/2017 |
| Chute d'une pale d'une éolienne | Nurlu (80) | 18/01/2017 |
| Rupture des pales d'une éolienne | Tuchan (11) | 12/01/2017 |
| Chute d'un élément d'une éolienne | Trayes (79) | 27/02/2017 |
| Rupture d'une pale d'éolienne | Lavallée (55) | 27/02/2017 |
| Feu dans la nacelle d'une éolienne | Allonnes (72) | 06/06/2017 |
| Chute de pale d'éolienne due à la foudre | Aussac-Vadalle (16) | 08/06/2017 |
| Chute d'une pale d'éolienne | Conchy-sur-Canche (62) | 24/06/2017 |
| Chute d'un aérovein d'une éolienne | Fécamp (76) | 17/07/2017 |
| Fuite d'huile sur une éolienne | Mauron (56) | 24/07/2017 |
| Bris d'une pale d'éolienne | Priez (02) | 05/08/2017 |
| Chute du carénage d'une éolienne | Roman (27) | 08/11/2017 |
| Effondrement d'une éolienne | Bouin (85) | 01/01/2018 |
| Chute d'une pale d'éolienne | Nixeville-Blercourt (55) | 04/01/2018 |
| Chute d'une pale d'une éolienne | Nurlu (80) | 18/01/2018 |
| Chute de l'aérovein d'une pale d'éolienne | Cornilhac-Corbières (11) | 06/02/2018 |
| Défaillance mécanique d'une éolienne | Villers-Grelot (25) | 08/03/2018 |
| Incendies criminels dans un parc éolien | Marsanne (26) | 01/06/2018 |
| Incendie d'éolienne | Aumelas (34) | 05/06/2018 |
| Chute des extrémités de 2 pales d'une éolienne | Port-la-Nouvelle (11) | 04/07/2018 |
| Incendie d'éolienne propagé à la végétation | Sauveterre (30) | 28/09/2018 |
| Fuite d'huile hydraulique sur une éolienne | Flers-sur-Noye (80) | 17/10/2018 |
| Effondrement d'une éolienne | Guigneville (45) | 06/11/2018 |

| Type d'incident | Commune | Date |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------|
| Chute de 3 aéroveins dans un parc éolien | Cornilhac-Corbières (11) | 18/11/2018 |
| Chute d'une pale d'éolienne | Ollezy (02) | 19/11/2018 |
| Incendie sur une éolienne | La Limouzinière (44) | 03/01/2019 |
| Chute d'une pale d'éolienne | Bambiderstroff (57) | 17/01/2019 |
| Incendies criminels dans un parc éolien | Roussas (26) | 20/01/2019 |
| Rupture du mat d'une éolienne | Boutavent (60) | 23/01/2019 |
| Chute d'une pale d'éolienne | Roquetaillade (11) | 30/01/2019 |
| Fissurations sur des roulements de pales d'éoliennes | Autechaux (25) | 12/02/2019 |
| Eolienne touché par la foudre | Equancourt (80) | 02/04/2019 |
| Electrisation lors de la maintenance d'une éolienne | Chailly-sur-Armançon (21) | 15/04/2019 |
| Incendie sur une éolienne | Quesnoy-sur-Airaines (80) | 18/06/2019 |
| Feu de moteur d'éolienne | Ambon (56) | 25/06/2019 |
| Chute d'un bout de pale d'une éolienne | Charly-sur-Marne (02) | 27/06/2019 |
| Impact de foudre sur une pale d'éolienne | Sigean (11) | 03/07/2019 |
| Chute d'aéroveins en bout de pale d'une éolienne | Escales (11) | 04/09/2019 |
| Chute du capot de la nacelle d'une éolienne | Hangest en Santerre (80) | 28/11/2019 |
| Perte de contrôle d'une éolienne lors d'une mise en service | Avelanges (21) | 06/12/2019 |
| Chute d'une partie de la pale d'une éolienne | La Forêt de Tesse (16) | 09/12/2019 |
| Fumée blanche au niveau d'une éolienne | Poinville (28) | 16/12/2019 |
| Incendie sur une éolienne | Ambonville (52) | 17/12/2019 |
| Chute d'un joint de pale d'une éolienne | Saint Seine l'Abbaye (21) | 22/01/2020 |
| Endommagement d'une nacelle d'éolienne lors d'une tempête | Wancourt (62) | 09/02/2020 |
| Rupture d'une pale d'éolienne lors du passage d'une tempête | Beaurevoir (02) | 09/02/2020 |
| Rupture d'une pale sur une éolienne | Theil Rabier (16) | 26/02/2020 |
| Incendie sur une éolienne | Boisbergues (80) | 29/02/2020 |
| Incendie d'une nacelle d'une éolienne | Flavin (12) | 24/03/2020 |
| Arrêt d'éoliennes à la suite de décès d'oiseaux | Poiseul la Ville et Laperrière (21) | 30/03/2020 |
| Ecoulement d'huile hydraulique le long d'une éolienne | Ruffiac (56) | 10/04/2020 |
| Incendie d'une éolienne au sol pour démantèlement | Le Vauclin (97) | 20/04/2020 |

| Type d'incident | Commune | Date |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------|
| Pliure d'une éolienne | Plouarzel (29) | 30/04/2020 |
| Dégagement de fumée en nacelle d'une éolienne | Issanlas (07) | 01/08/2020 |
| Fuite d'huile sur une éolienne | Bouchy-Saint-Genest (51) | 01/09/2020 |
| Fuite d'huile sur une éolienne | Charmont-en-Beauce (45) | 11/12/2020 |
| Chute d'une pale d'éolienne | Saint-Georges-sur-Arnon (36) | 12/01/2021 |
| Casse d'une pale d'éolienne | Priez (02) | 12/02/2021 |
| Chute d'une pale d'éolienne | Patay (45) | 13/02/2021 |
| Chute d'un aérofrein d'une éolienne | Fécamp (76) | 24/12/2021 |
| Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne | Conilhac-de-la-Montagne (11) | 20/01/2022 |
| Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne | Conilhac-de-la-Montagne (11) | 31/01/2022 |
| Fuite d'huile sur une éolienne | Noirlieu (51) | 03/02/2022 |
| Fuite d'huile dans un parc éolien | Oresmaux (80) | 10/02/2022 |
| Eoliennes touchées par la cyberattaque d'un satellite | Coupelle-Vieille (62) | 24/02/2022 |
| Fuite d'huile d'une éolienne | Lislet (02) | 24/03/2022 |
| Panne informatique dans un parc éolien | Ondefontaine (14) | 01/04/2022 |
| Casse de la pale d'une éolienne | Saint-Félix-Lauragais (31) | 02/04/2022 |
| Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne | Montgru-Saint-Hilaire (02) | 17/04/2022 |
| Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne | Arconcey (21) | 21/04/2022 |
| Fuite d'huile dans un parc éolien | Riols (34) | 27/04/2022 |
| Chute d'une pale d'éolienne | Roquetaillade-et-Conilhac (11) | 30/04/2022 |
| Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne | Brusque (12) | 02/05/2022 |
| Découverte d'un cadavre d'oiseau migrateur sur un parc éolien | Iwuy (59) | 18/05/2022 |
| Déversement d'huile de multiplicatrice sur un parc éolien | Assac (81) | 29/05/2022 |
| Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne | Lion-en-Beauce (45) | 20/06/2022 |

| Type d'incident | Commune | Date |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------|
| Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne | Salles-Curan (12) | 20/06/2022 |
| Choc entre un chiroptère et une pale d'éolienne | Arcy-sur-Cure (89) | 27/06/2022 |
| Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne | Pringy (51) | 10/07/2022 |
| Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne | Séverac d'Aveyron (12) | 16/07/2022 |
| Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne | Ally (43) | 22/07/2022 |
| Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne | Poiseul-la-Ville-et-Laperrière (21) | 23/07/2022 |
| Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne | Murat-sur-Vèbre (81) | 25/07/2022 |
| Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne | Les Villages Vovéens (28) | 02/08/2022 |
| Feu sur une éolienne | Pont-Melvez (22) | 05/08/2022 |
| Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne | Les Villages Vovéens (28) | 16/08/2022 |
| Découverte d'un cadavre de chiroptère sur un parc éolien | Lion-en-Beauce (45) | 17/08/2022 |
| Feu sur une éolienne | Coole (51) | 22/08/2022 |
| Découverte d'un cadavre de chiroptère sur un parc éolien | Stenay (55) | 23/08/2022 |
| Découverte d'un cadavre de chiroptère sur un parc éolien | Lion-en-Beauce (45) | 24/08/2022 |
| Découverte d'un cadavre de chiroptère sur un parc éolien | Greneville-en-Beauce (45) | 29/08/2022 |
| Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne | Murasson (12) | 01/09/2022 |
| Découverte de cadavres d'oiseaux migrants dans un parc éolien | Murat-sur-Vèbre (81) | 13/09/2022 |
| Fuite d'huile sur une éolienne | Les Touches (44) | 19/09/2022 |
| Découverte d'un cadavre de faucon crécerelle au pied d'une éolienne | Thieux (60) | 24/09/2022 |
| Découverte d'un cadavre de chiroptère sur un parc éolien | Villesèque-des-Corbières (11) | 25/09/2022 |

| Type d'incident | Commune | Date |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------|------------|
| Découverte d'un cadavre de faucon crécerelle au pied d'une éolienne | Thieux (60) | 03/10/2022 |
| Intrusion dans un parc éolien | Joncels (34) | 24/10/2022 |
| Impact de foudre sur une éolienne | Plelan-le-Grand (35) | 23/11/2022 |

Tableau 12 : Incidents recensés entre 2016 et 2022

6.3 Inventaire des accidents et incidents à l'international

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2015.

La synthèse graphique ci-contre provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 1 826 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 804 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

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

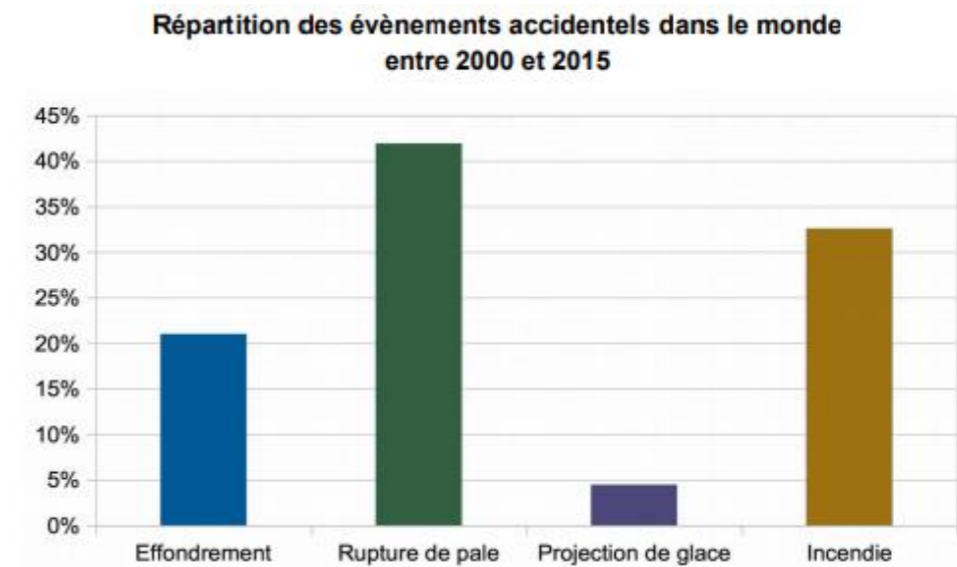


Figure 28 : Répartition des accidents liés à des parcs éoliens dans le monde entre 2000 et 2015

La répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2015 est du même ordre de grandeur que celle qui avait été observé 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).

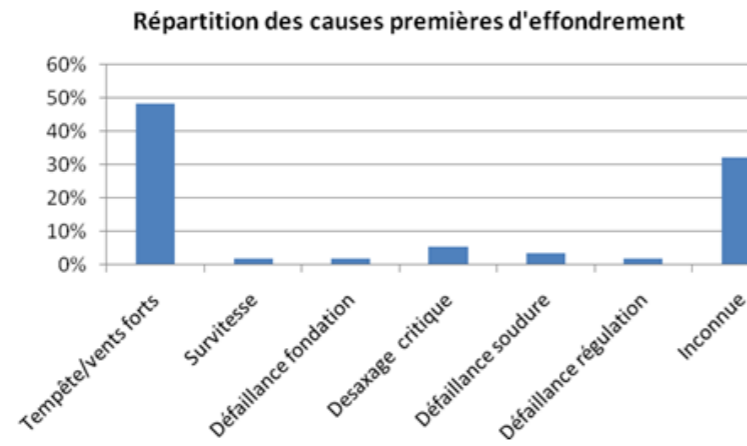


Figure 29 : Répartition des causes premières d'effondrement

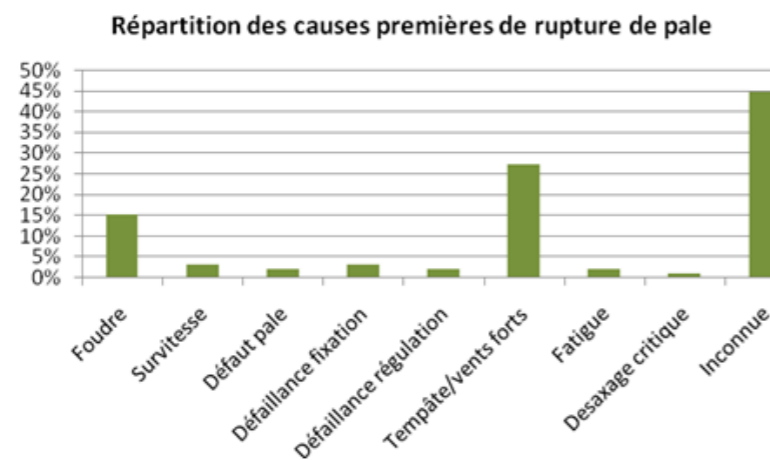


Figure 30 : Répartition des causes premières de rupture de pale

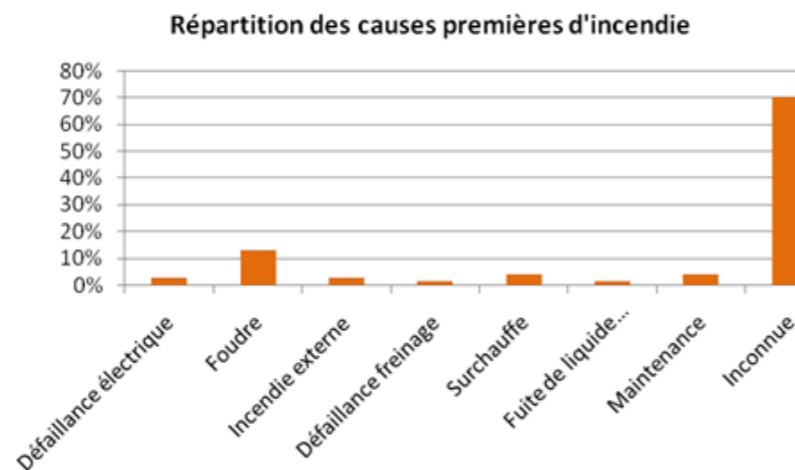


Figure 31 : Répartition des causes premières d'incendie

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

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

6.4.1 Analyse des accidents majeurs sur les sites de l'exploitation

La société ESCOFI, société-mère de la société d'exploitation Parc éolien des Champs Dolents et future exploitante technique du parc, ne déplore aucun accident majeur sur ses parcs en exploitation.

La société d'exploitation Parc éolien des Champs Dolents n'exploite à l'heure actuelle aucun parc éolien.

6.4.2 Analyse d'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.

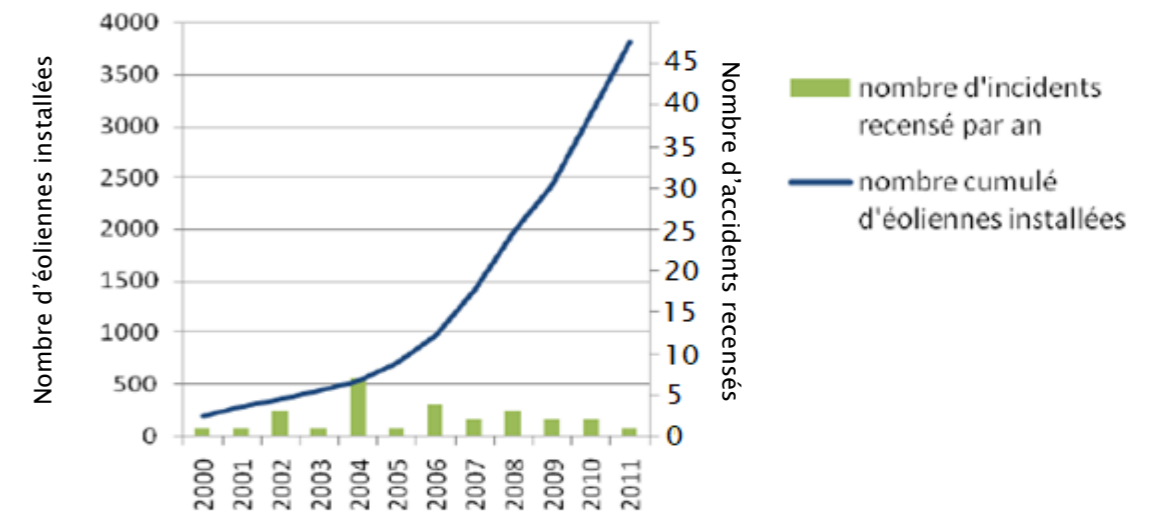


Figure 32 : Evolution du nombre d'incidents annuels et nombre d'éoliennes installées

Sur ce graphique, on note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accidents reste relativement constant.

6.4.3 Analyse des typologies d'accidents les fréquents

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

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

6.4.4 Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

- La non-exhaustivité des événements : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors certains événements ne sont pas reportés (en particulier, les événements les moins spectaculaires).
- 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.

L'ensemble de ces retours d'expérience est issu du guide INERIS de 2011, les éventuels incidents plus récents (relayé via la presse, la filière éolienne, etc.) ne viennent pas remettre en cause la typologie des incidents mis en évidence par l'analyse précédente.

7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

| | | |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.1 | Objectif de l'analyse préliminaire des risques | 51 |
| 7.2 | Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques..... | 51 |
| 7.3 | Recensement des agressions externes potentielles | 51 |
| 7.4 | Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques (APR) | 53 |
| 7.5 | Effets dominos..... | 57 |
| 7.6 | Mise en place des mesures de sécurité..... | 57 |
| 7.7 | Conclusions de l'analyse préliminaire des risques | 64 |

7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques

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

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

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 entraîner 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.

7.3 Recensement des agressions externes potentielles

7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

Seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 m (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) seront recensées ici, à l'exception de :

- La présence des aérodromes qui sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km ;
- La présence d'autres aérogénérateurs qui sera signalée jusqu'à une distance de 500 m.

Dans le cas du parc éolien des Champs Dolents, les éoliennes se situent en cœur de parcelles agricoles, aucun élément à recenser ne se trouve dans les périmètres considérés.

| Infrastructure | Fonction | Événement redouté | Danger potentiel | Périmètre | E1 | E3 | E4 | E5 | |
|------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------|------------|----------|----------|----------|---------|
| RD 172 | Transport | Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules | Energie cinétique des véhicules et flux thermique | 200 m | 1 505 m | 515 m | 615 m | 670 m | |
| RD 71 | | | | | 1 690 m | 1 385 m | 1 020 m | 715 m | |
| RD 93 | | | | | 835 m | 1 205 m | 1 370 m | 1 715 m | |
| RD 932 | | | | | 1 465 m | 585 m | 1 115 m | 1 570 m | |
| Aérodrome | Transport aérien | Chute d'aéronef | Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique | 2 000 m | > 2000 m | > 2000 m | > 2000 m | > 2000 m | |
| Ligne THT | Transport d'électricité | Rupture de câble | Arc électrique, surtensions | 200 m | > 1000 m | > 1000 m | > 1000 m | > 1000 m | |
| Canalisation de gaz | Transport de gaz | Rupture de canalisation | Flux thermique | 200 m | > 1000 m | > 1000 m | > 1000 m | > 1000 m | |
| Autres aérogénérateurs | Production d'électricité | Accident générant des projections d'éléments | Energie cinétique des éléments projetés | 500 m | E1 | | 1 105 m | 890 m | 1 015 m |
| | | | | | E3 | 1 105 m | | 545 m | 1 038 m |
| | | | | | E4 | 890 m | 545 m | | 495 m |
| | | | | | E5 | 1 015 m | 1 038 m | 495 m | |
| | | | | | Autre parc | 1 063 m | 1 484 m | 943 m | 500 m |

Tableau 13 : Principales agressions externes liées aux activités humaines

7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

| Agression externe | Intensité |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vents et tempête | Risque très supérieur à la moyenne dans le département de l'Aisne |
| Foudre | Risque faible Application de la norme IEC 61400-24 |
| Glissement de sols / affaissements miniers | Un effondrement a été recensé dans la commune de Joncourt en 1980 à environ 1 km de l'éolienne E5. |
| Séisme | Sismicité très faible à faible |

Tableau 14 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques dès lors qu'il est vérifié que la norme IEC 61400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité ci-après.

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

7.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques (APR)

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

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

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

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

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

| 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 toxiquesSF6) 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 |

| N° | Événement initiateur | Événement intermédiaire | Événement redouté central | Fonction de sécurité (intitulé générique) | Phénomène dangereux | Qualification de la zone d'effet |
|-----|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|
| C02 | Défaillance fixation anémomètre | Chute anémomètre | Chute d'élément de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) | Impact sur cible | 1 |
| C03 | Défaut fixation nacelle - pivot central - mât | Chute nacelle | Chute d'élément de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) | Impact sur cible | 1 |
| P01 | Survitesse | Contraintes trop importantes sur les pales | Projection de tout ou partie d'une pale | Prévenir la survitesse (N°4) | Impact sur cible | 2 |
| P02 | Fatigue Corrosion | Chute de fragment de pale | Projection de tout ou partie d'une 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 d'une 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 |

| N° | Événement initiateur | Événement intermédiaire | Événement redouté central | Fonction de sécurité (intitulé générique) | Phénomène dangereux | Qualification de la zone d'effet |
|-----|----------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|
| 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 15 : Scénarios d'accident pouvant potentiellement apparaître sur le parc

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

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 ».

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

Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est proposé 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. Ainsi, aucune éolienne ne se trouve à moins de 100 mètres des éoliennes du parc éolien des Champs Dolents.

7.6 Mise en place des mesures de sécurité

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

Un principe clé du processus d'élaboration d'une étude de dangers est qu'elle doit être proportionnelle au niveau de risques engendrés par les éoliennes sur leur environnement. Dans ce cadre, il est réalisé une description simple des mesures de sécurité mises en œuvre sur les machines. En particulier, les analyses poussées demandées aux installations classées soumises à autorisation avec servitudes (AS) ne seront pas menées ici.

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

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

| Fonction de sécurité | Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace | N° de la fonction de sécurité | 1 |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage. | | |
| Description | Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site. | | |
| Indépendance | Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. | | |
| Temps de réponse | Immédiat (L'alarme est déclenchée dès que le capteur est gelé ou détecte de la neige.) | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne. | | |
| Maintenance | Vérification des capteurs du système de détection de givre lors des maintenances préventives annuelles | | |

Tableau 16 : Mesures de prévention lors de la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace

| Fonction de sécurité | Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace | N° de la fonction de sécurité | 2 |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Panneautage en pied de machine. Eloignement des zones habitées et fréquentées. | | |
| Description | Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011). | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | Non Applicable (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. | | |

Tableau 17 : Mesures de prévention contre l'atteinte des personnes par la chute de glace

| Fonction de sécurité | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques | N° de la fonction de sécurité | 3 |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Capteurs de température des pièces mécaniques. Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes. Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement. Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice | | |
| Description | / | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | NA | | |
| 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 contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance préventive semestrielle de la génératrice et de son système de refroidissement, ainsi que du multiplicateur (y compris le système de refroidissement de l'huile du multiplicateur). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. | | |

Tableau 18 : Mesures de prévention contre l'échauffement significatif des pièces mécaniques

| Fonction de sécurité | Prévenir la survitesse | N° de la fonction de sécurité | 4 |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Détection de survitesse et système de freinage. Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1 | | |
| Description | Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle 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 | 15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté) L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011. | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. | | |
| Maintenance | Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement. Maintenance préventive annuelle de l'éolienne avec notamment contrôle de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. | | |

Tableau 19 : Mesures de prévention contre la survitesse

| 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. | | |

Tableau 20 : Mesures de prévention contre les courts-circuits

| Fonction de sécurité | Prévenir les effets de la foudre | N° de la fonction de sécurité | 6 |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur. | | |
| Description | Respect de la norme IEC 61 400 - 24 (juin 2010) Parafoudres sur la nacelle + récepteurs de foudre sur les 2 faces des pales et mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation) Parasurtenseurs sur les circuits électriques. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | Immédiat dispositif passif | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Mesure de terre lors des vérifications réglementaires des installations électriques | | |
| Maintenance | Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011. Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive. | | |

Tableau 21 : Mesures de prévention contre la foudre

| 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). Plan d'intervention avec le SDIS. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | < 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique. | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Vérification de la plausibilité des mesures de température et des détecteurs de fumée à la mise en service. | | |
| Maintenance | Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative à la suite d'une défaillance du matériel. | | |

Tableau 22 : Mesures de protection et d'intervention en cas d'incendie

| Fonction de sécurité | Prévention et rétention des fuites | N° de la fonction de sécurité | 8 |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Détecteurs de niveau d'huiles Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération 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. Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : <ul style="list-style-type: none"> • De contenir et arrêter la propagation de la pollution ; • D'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; • De récupérer les déchets absorbés. 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 | Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an. Contrôles visuels fréquents | | |

Tableau 23 : Mesures de prévention et de rétention en cas de fuite

| Fonction de sécurité | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) | N° de la fonction de sécurité | 9 |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.). 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 équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion). | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | 15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté) | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système | | |
| Maintenance | Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw 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. Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles. | | |

Tableau 24 : Mesures de prévention contre les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage

| 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 | Vérifications en réunion annuelle. | | |
| Maintenance | NA | | |

Tableau 25 : Mesures de prévention contre les erreurs de maintenance

| 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 pâles) 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 | 15 à 60 s suivant le programme de freinage | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne. | | |
| Maintenance | Maintenance préventive du système pitch (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance - T1 / T2 / T3 / T4), notamment vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive du frein mécanique (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance - T1 / T2 / T3 / T4), notamment inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique. | | |

Tableau 26 : Mesures de prévention contre les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort

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

Tableau 27 : Mesures de prévention pour empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau

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

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

7.7 Conclusions de l'analyse préliminaire des risques

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, quatre catégories de scénarios sont a priori 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) |
| Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C | Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables. Ce cas ne s'applique pas au secteur du projet. |
| 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. |

Tableau 28 : Catégories de scénarios exclus de l'étude de dangers

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

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

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

8. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

| | | |
|-----|---------------------------------------------|----|
| 8.1 | Préambule | 66 |
| 8.2 | Rappel des définitions | 66 |
| 8.3 | Caractérisation des scénarios retenus | 69 |
| 8.4 | Synthèse de l'étude détaillée..... | 79 |

8.1 Préambule

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

8.2 Rappel des définitions

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

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

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

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

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

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

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

8.2.1 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.

8.2.2 Intensité

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

On constate que les 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 % |

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

8.2.3 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 » |

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. 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.

8.2.4 Probabilité

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

| Niveaux | Echelle qualitative | Echelle quantitative (probabilité annuelle) |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 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 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 | 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. | $\leq 10^{-5}$ |

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.

8.2.5 Acceptabilité

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

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

| Conséquence | Classe de probabilité | | | | |
|----------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| | E | D | C | B | A |
| Désastreux | Yellow | Red | Red | Red | Red |
| Catastrophique | Yellow | Yellow | Red | Red | Red |
| Important | Yellow | Yellow | Yellow | Red | Red |
| Sérieux | Green | Green | Yellow | Yellow | Red |
| Modéré | Green | Green | Green | Green | Yellow |

Légende de la matrice :

| Niveau de risque | Code Couleur | Acceptabilité |
|--------------------|--------------|----------------|
| Risque très faible | Green | Acceptable |
| Risque faible | Yellow | Acceptable |
| Risque important | Red | Non acceptable |

Tableau 29 : Matrice d'acceptabilité des risques

8.3 Caractérisation des scénarios retenus

Pour les éoliennes du parc éolien des Champs Dolents, le modèle retenu choisi est la Nordex N149 4,5 MW. Le gabarit des machines se présente comme suit :

| Eolienne | NORDEX N149 |
|-----------------------------------|-------------|
| Puissance nominale | 4,5 MW |
| Diamètre du rotor | 149,1 m |
| Longueur d'une pale | 72,4 m |
| Largeur maximale d'une pale | 4,2 m |
| Hauteur du moyeu | 104,7 m |
| Diamètre maximum à la base du mât | 4,3 m |
| Hauteur en bout de pale | 179,2 m |
| Hauteur du mât | 102 m |

Tableau 30 : Caractéristiques du modèle d'éolienne pressenti

8.3.1 Effondrement de l'éolienne

8.3.1.1 Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 179,2 m.

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.

8.3.1.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas des éoliennes du parc des Champs Dolents.

| Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur de l'éolienne en bout de pale) : 179,2 m | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|
| Numéro Eolienne | Zone d'impact en m ² | Zone d'effet du phénomène étudié en m ² | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité |
| | $H * L + 3 * R * LB / 2$ | $\pi * (H+R)^2$ | | |
| E1 à E5 | 894,72 | 95552,67 | 0,94% | Exposition Modérée |

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

8.3.1.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.2.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées : « Désastreux » ;
- Entre 100 et 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 d'effondrement :

| Parc éolien des Champs Dolents | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Effondrement de l'éolienne | | | | |
| (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur de l'éolienne en bout de pale) | | | | |
| Eolienne | Occupation du sol | Surface de la zone d'effet (en m ²) | | Calcul du nombre d'équivalent personne permanente |
| | | Terrains non aménagés | Terrains aménagés et peu fréquentés | |
| E1 | Zone agricole | 92686 m ² | 2865,82 m ² | 0,12 |
| E3 | Zone agricole | 92417 m ² | 3135,39 m ² | 0,12 |
| E4 | Zone agricole | 92613 m ² | 2938,85 m ² | 0,12 |
| E5 | Zone agricole | 92685 m ² | 2867,43 m ² | 0,12 |

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

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

| Parc éolien des Champs Dolents | | |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------|
| Effondrement de l'éolienne | | |
| (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur de l'éolienne en bout de pale) | | |
| Eolienne | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | Gravité |
| E1 | 0,12 | Modérée |
| E3 | 0,12 | Modérée |
| E4 | 0,12 | Modérée |
| E5 | 0,12 | Modérée |

Dans le périmètre délimité par l'effondrement de l'éolienne, le terrain est constitué de terres agricoles et de voies peu fréquentées.

La gravité retenue sera donc considérée comme « Modérée » pour le phénomène d'effondrement.

8.3.1.4 Probabilité

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

| Source | Fréquence | Justification |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Guide for risk based zoning of wind turbines [5] | 4,5 x 10 ⁻⁴ | Retour d'expérience |
| Specification of minimum distances [6] | 1,8 x 10 ⁻⁴ (effondrement de la nacelle et de la tour) | Retour d'expérience |

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

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

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

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

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

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

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2010.

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

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

8.3.1.5 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 10 personnes sont exposées.

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

| Parc éolien des Champs Dolents | | |
|------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------|
| Effondrement de l'éolienne | | |
| (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur de l'éolienne en bout de pale) | | |
| Eolienne | Gravité | Niveau de risque |
| E1 | Modérée | Acceptable |
| E3 | Modérée | Acceptable |
| E4 | Modérée | Acceptable |
| E5 | Modérée | Acceptable |

Ainsi, pour les éoliennes du parc éolien des Champs Dolents, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.3.2 Chute de glace

8.3.2.1 Considération générale

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 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.

8.3.2.2 Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour les éoliennes du parc éolien des Champs Dolents, la zone d'effet à donc un rayon de 74,55 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.

8.3.2.3 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas des éoliennes du parc éolien des Champs Dolents.

| Chute de glace | | | | |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|
| (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) : 74,55 m | | | | |
| Numéro Eolienne | Zone d'impact en m ² | Zone d'effet du phénomène étudié en m ² | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité |
| | $H * L + 3 * R * LB / 2$ | $\pi * (H+R)^2$ | | |
| E1 à E5 | 1,00 | 16467,47 | 0,01% | Exposition Modérée |

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

8.3.2.4 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.2.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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

| Parc éolien des Champs Dolents | | | | |
|----------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Chute de glace | | | | |
| (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) | | | | |
| Eolienne | Occupation du sol | Surface de la zone d'effet (en m ²) | | Calcul du nombre d'équivalent personne permanente |
| | | Terrains non aménagés | Terrains aménagés et peu fréquentés | |
| E1 | Zone agricole | 14077 m ² | 2390,23 m ² | 0,04 |
| E3 | Zone agricole | 14077 m ² | 2389,6 m ² | 0,04 |
| E4 | Zone agricole | 14044 m ² | 2423,16 m ² | 0,04 |
| E5 | Zone agricole | 14075 m ² | 2392,2 m ² | 0,04 |

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 :

| Parc éolien des Champs Dolents | | |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------|
| Chute de glace | | |
| (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) | | |
| Eolienne | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | Gravité |
| E1 | 0,04 | Modérée |
| E3 | 0,04 | Modérée |
| E4 | 0,04 | Modérée |
| E5 | 0,04 | Modérée |

Dans le périmètre délimité par la zone de survol de l'éolienne, le terrain est constitué de terres agricoles et peu fréquenté. Pour les éoliennes du projet, le nombre de personnes exposées sera donc inférieur à 1.

La gravité sera donc « Modérée ».

8.3.2.5 Probabilité

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

8.3.2.6 Acceptabilité

Avec une classe de probabilité 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 des Champs Dolents, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

| Parc éolien des Champs Dolents | | |
|----------------------------------------------------------|---------|------------------|
| Chute de glace | | |
| (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) | | |
| Eolienne | Gravité | Niveau de risque |
| E1 | Modérée | Acceptable |
| E3 | Modérée | Acceptable |
| E4 | Modérée | Acceptable |
| E5 | Modérée | Acceptable |

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

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

Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

8.3.3 Chute d'éléments de l'éolienne

8.3.3.1 Zone d'effet

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

Le risque de chute d'éléments est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor, soit 74,55 m.

8.3.3.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas des éoliennes du parc éolien des Champs Dolents. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet.

| Chute d'éléments (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur de l'éolienne en bout de pale) : 74,55 m | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|
| Numéro Eolienne | Zone d'impact en m ² | Zone d'effet du phénomène étudié en m ² | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité |
| | $H * L + 3 * R * LB / 2$ | $\pi * (H + R)^2$ | | |
| E1 à E5 | 152,04 | 16467,47 | 0,92% | Exposition Modérée |

8.3.3.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.2.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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

| Parc éolien des Champs Dolents Chute d'éléments (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Eolienne | Occupation du sol | Surface de la zone d'effet (en m ²) | | Calcul du nombre d'équivalent personne permanente |
| | | Terrains non aménagés | Terrains aménagés et peu fréquentés | |
| E1 | Zone agricole | 14077 m ² | 2390,23 m ² | 0,04 |
| E3 | Zone agricole | 14077 m ² | 2389,6 m ² | 0,04 |
| E4 | Zone agricole | 14044 m ² | 2423,16 m ² | 0,04 |
| E5 | Zone agricole | 14075 m ² | 2392,2 m ² | 0,04 |

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

| Parc éolien des Champs Dolents Chute d'éléments (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------|
| Eolienne | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | Gravité |
| E1 | 0,04 | Modérée |
| E3 | 0,04 | Modérée |
| E4 | 0,04 | Modérée |
| E5 | 0,04 | Modérée |

Il est à noter que pour le parc éolien des Champs Dolents, la zone de survol de l'éolienne est constituée de terres agricoles et peu fréquentées (1 personne par tranche de 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010).

Le niveau de gravité sera donc « Modéré ».

8.3.3.4 Probabilité

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience², soit 4.47×10^{-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 » : « Evènement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ».

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

8.3.3.5 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 des Champs Dolents, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

| Parc éolien des Champs Dolents | | |
|------------------------------------------------------------|---------|------------------|
| Chute d'éléments | | |
| (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol) | | |
| Eolienne | Gravité | Niveau de risque |
| E1 | Modérée | Acceptable |
| E3 | Modérée | Acceptable |
| E4 | Modérée | Acceptable |
| E5 | Modérée | Acceptable |

Ainsi, pour les éoliennes du parc des Champs Dolents, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.3.4 Projection de pales ou de fragments de pales

8.3.4.1 Zone d'effet

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

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

8.3.4.2 Intensité

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

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

| Projection de pale | | | | |
|---------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|
| (zone de 500 m autour de chaque éolienne) : 500 m | | | | |
| Numéro Eolienne | Zone d'impact en m ² | Zone d'effet du phénomène étudié en m ² | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité |
| | $H * L + 3 * R * LB / 2$ | $\pi * (H+R)^2$ | | |
| E1 à E5 | 152,04 | 785398,16 | 0,02% | Exposition Modérée |

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

8.3.4.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.2.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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

| Parc éolien des Champs Dolents | | | | |
|-------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Projection de pale | | | | |
| (zone de 500 m autour de chaque éolienne) | | | | |
| Eolienne | Occupation du sol | Surface de la zone d'effet (en m ²) | | Calcul du nombre d'équivalent personne permanente |
| | | Terrains non aménagés | Terrains aménagés et peu fréquentés | |
| E1 | Zone agricole | 776391 m ² | 9006,18 m ² | 0,87 |
| E3 | Zone agricole | 778872 m ² | 6525,32 m ² | 0,84 |
| E4 | Zone agricole | 779536 m ² | 5861,49 m ² | 0,84 |
| E5 | Zone agricole | 776792 m ² | 8606,1 m ² | 0,86 |

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

| Parc éolien des Champs Dolents | | |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------|
| Projection de pale | | |
| (zone de 500 m autour de chaque éolienne) | | |
| Eolienne | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | Gravité |
| E1 | 0,87 | Modérée |
| E3 | 0,84 | Modérée |
| E4 | 0,84 | Modérée |
| E5 | 0,86 | Modérée |

Il est à noter que pour le parc des Champs Dolents, la zone d'effet est constituée majoritairement de terrains agricoles et de voies peu fréquentés (1 personne par tranche de 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010).

8.3.4.4 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 » : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ».

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

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

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

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

Il est 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 ».

8.3.4.5 Acceptabilité

Avec une classe de probabilité « D », le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque type d'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 des Champs Dolents, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

| Parc éolien des Champs Dolents | | |
|-------------------------------------------|---------|------------------|
| Projection de pale | | |
| (zone de 500 m autour de chaque éolienne) | | |
| Eolienne | Gravité | Niveau de risque |
| E1 | Modérée | Acceptable |
| E3 | Modérée | Acceptable |
| E4 | Modérée | Acceptable |
| E5 | Modérée | Acceptable |

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

8.3.5 Projection de glace

8.3.5.1 Zone d'effet

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [15] 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 = $1,5 \times (\text{hauteur de moyeu} + 2 \times \text{longueur des pales})$ soit 374,25 m.

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.

8.3.5.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien des Champs Dolents.

| Projection de glace | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|
| (dans un rayon de RPG = $1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne) : 374,25 m | | | | |
| Numéro Eolienne | Zone d'impact en m ² | Zone d'effet du phénomène étudié en m ² | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité |
| | $H * L + 3 * R * LB / 2$ | $\pi * (H+R)^2$ | | |
| E1 à E5 | 1,00 | 430549,12 | 0,00% | Exposition Modérée |

8.3.5.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.2.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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 :

| Parc éolien des Champs Dolents | | | | |
|------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Projection de glace | | | | |
| (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne) | | | | |
| Eolienne | Occupation du sol | Surface de la zone d'effet (en m ²) | | Calcul du nombre d'équivalent personne permanente |
| | | Terrains non aménagés | Terrains aménagés et peu fréquentés | |
| E1 | Zone agricole | 424553 m ² | 5996,03 m ² | 0,48 |
| E3 | Zone agricole | 426256 m ² | 4292,42 m ² | 0,47 |
| E4 | Zone agricole | 426719 m ² | 3829,45 m ² | 0,47 |
| E5 | Zone agricole | 424985 m ² | 5564,11 m ² | 0,48 |

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 :

| Parc éolien des Champs Dolents | | |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------|
| Projection de glace | | |
| (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne) | | |
| Eolienne | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | Gravité |
| E1 | 0,48 | Modérée |
| E3 | 0,47 | Modérée |
| E4 | 0,47 | Modérée |
| E5 | 0,48 | Modérée |

Il est à noter que pour le parc éolien des Champs Dolents, la zone d'effet est constituée de terrains agricoles et peu fréquentés (1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010).

Le nombre équivalent de personnes permanentes sera donc inférieur à 1 pour les éoliennes du parc.

Le niveau de gravité sera donc « Modérée » pour les éoliennes du parc éolien des Champs Dolents.

8.3.5.4 Probabilité

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

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

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

8.3.5.5 Acceptabilité

Le risque de projection pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un niveau de gravité « Modéré ». Cela correspond pour cet événement à un nombre équivalent de personnes permanentes inférieures à 1 dans la zone d'effet.

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

| Parc éolien des Champs Dolents | | |
|------------------------------------------------------------|---------|------------------|
| Projection de glace | | |
| (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne) | | |
| Eolienne | Gravité | Niveau de risque |
| E1 | Modérée | Acceptable |
| E3 | Modérée | Acceptable |
| E4 | Modérée | Acceptable |
| E5 | Modérée | Acceptable |

Ainsi, pour le parc éolien des Champs Dolents, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour l'ensemble des éoliennes.

8.4 Synthèse de l'étude détaillée

8.4.1 Tableaux de synthèse des scénarios 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.

| Synthèse de l'étude détaillée des risques | | | | | |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|-------------|------------------------------------------------|
| Scénario | Zone d'effet | Cinétique | Intensité | Probabilité | Gravité |
| Effondrement de l'éolienne | Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale | Rapide | Exposition Modéré | D | « Modérée » pour chacune des éoliennes du parc |
| Chute d'éléments de l'éolienne | Zone de survol | Rapide | Exposition Modérée | C | « Modérée » pour chacune des éoliennes du parc |
| Chute de glace | Zone de survol | Rapide | Exposition Modérée | A | « Modérée » pour chacune des éoliennes du parc |
| Projection de pales | 500 m autour de l'éolienne | Rapide | Exposition Modérée | D | « Modérée » pour chacune des éoliennes du parc |
| Projection de glace | 1,5 x (M + 2R) autour de l'éolienne | Rapide | Exposition Modérée | B | « Modérée » pour chacune des éoliennes du parc |

A noter que la mise en place de l'action corrective : Système de détection ou de réduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage, permet de réduire drastiquement le risque de projection de glace à un niveau modéré.

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 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus sera utilisée.

| Conséquence | Classe de probabilité | | | | |
|----------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------|
| | E | D | C | B | A |
| Désastreux | | | | | |
| Catastrophique | | | | | |
| Important | | | | | |
| Sérieux | | | | | |
| Modéré | | Projection de pales Effondrement | Chute d'éléments de l'éolienne | Projection de glace | Chute de glace |

Légende de la matrice :

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

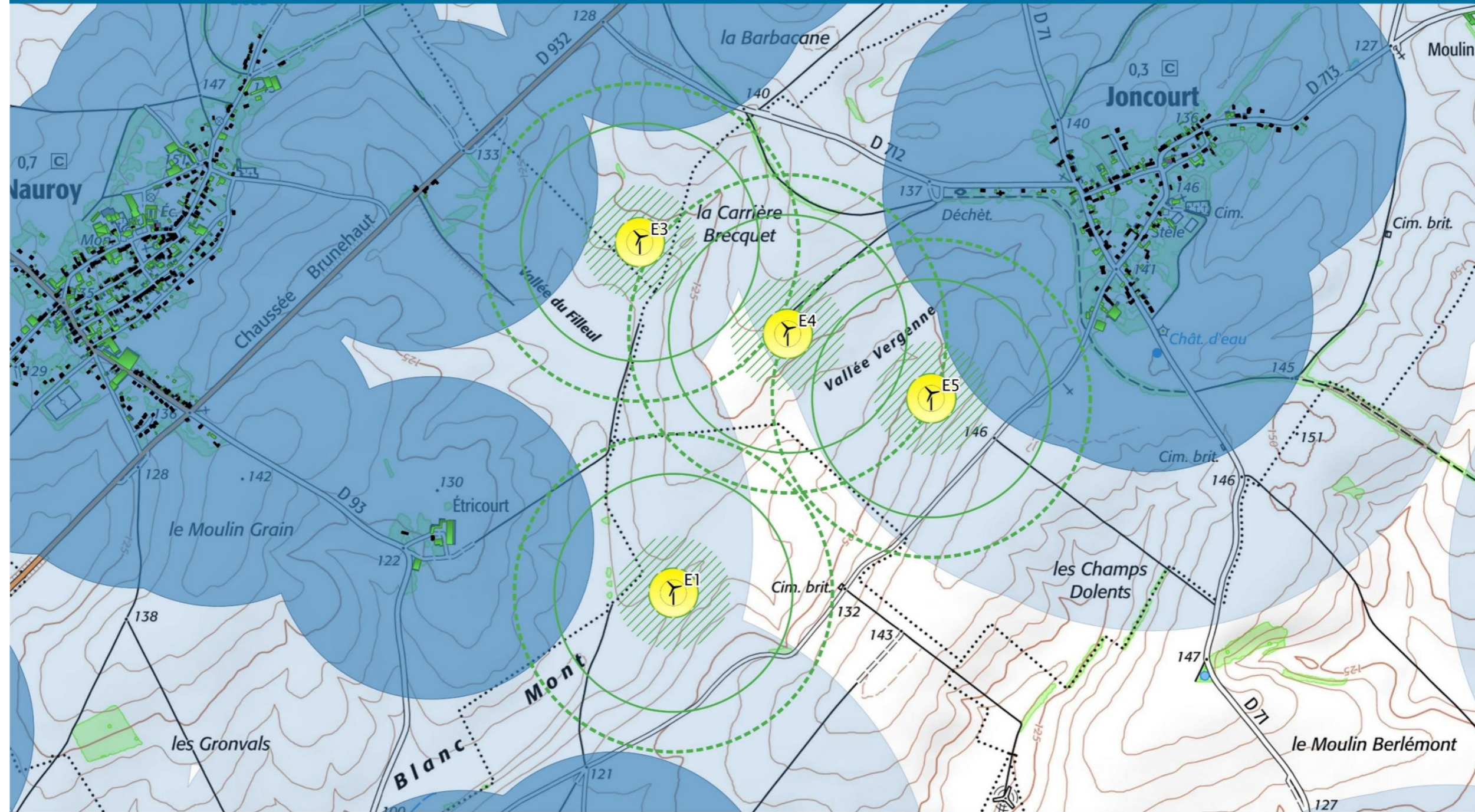
- Les accidents liés aux chutes de glace apparaissent dans la case jaune de la matrice (risque faible acceptable) ;
- Les accidents liés à l'effondrement de l'éolienne, à la projection de pales, à la projection de glace et à la chute d'éléments de l'éolienne apparaissent dans les cases vertes de la matrice (risque très faible acceptable).

8.4.3 Cartographie des risques

A l'issue de la démarche d'analyse des risques, une carte de synthèse des risques pour l'ensemble du parc des Champs Dolents, puis pour chaque risque est proposé dans ce paragraphe :

- Carte synthèse des risques : Figure 33 ;
- Effondrement d'une éolienne : Figure 34 ;
- Chute d'éléments d'une éolienne : Figure 35 ;
- Chute de glace : Figure 36 ;
- Projection de pales : Figure 37 ;
- Projection de glace : Figure 38.

Synthèse des risques



| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|-----------------------|
| | | | |
| Légende Implantation retenue Zone à moins de 500 m d'une habitation Zone à moins d' 1km d'une habitation | | Usage des bâtiments Habitation Autres | |
| Zone d'effet des risques Chute d'éléments – risque très faible Effondrement – risque très faible Chute de glace – risque faible Projection de glace – risque très faible Projection de pale – risque très faible | | | |
| Référence projet 25 4524 | Date 07/08/2025 | Source Scan 25 Topo | Auteur A. Delforge |

Figure 33 : Synthèse des risques

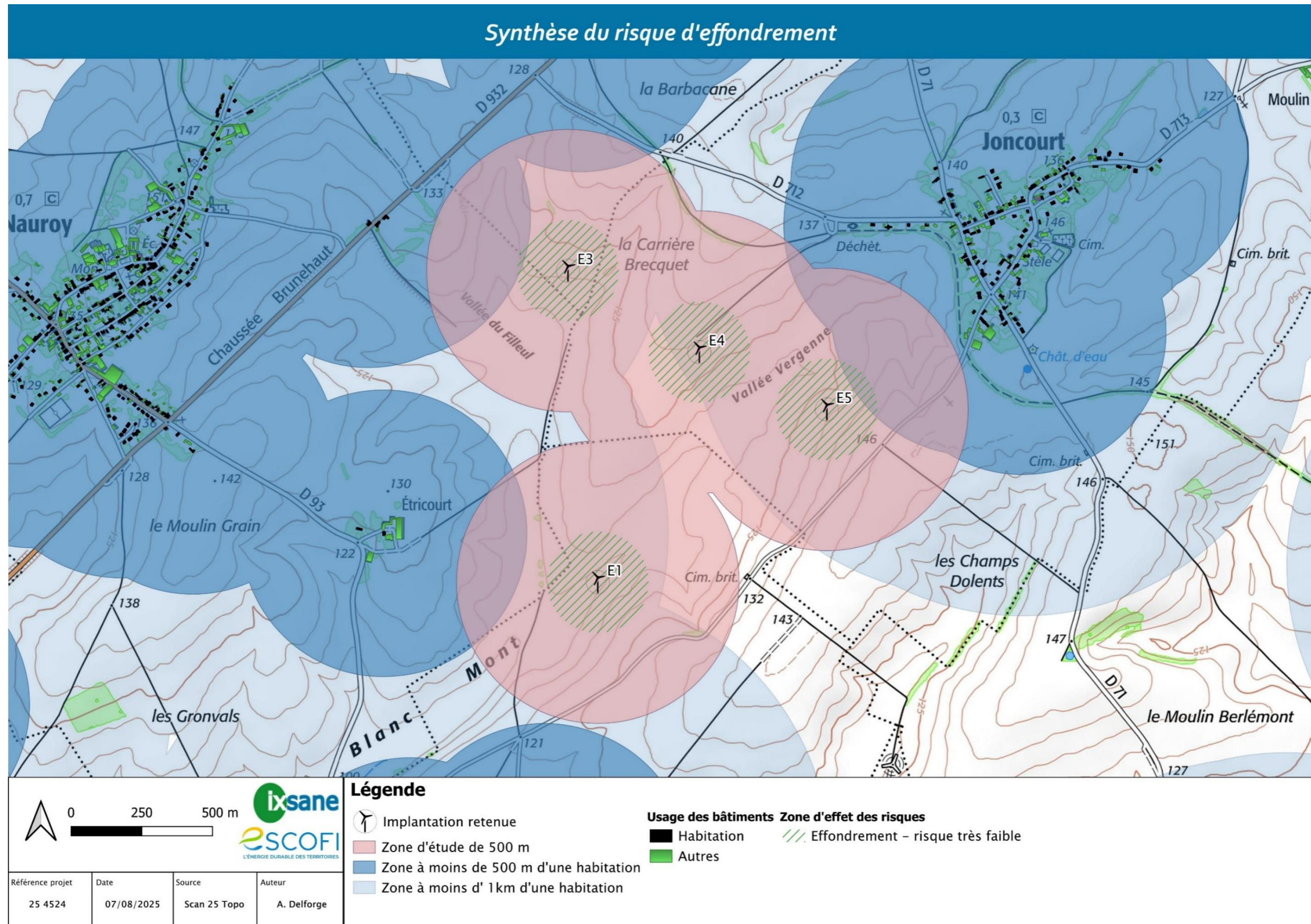


Figure 34 : Synthèse du risque effondrement

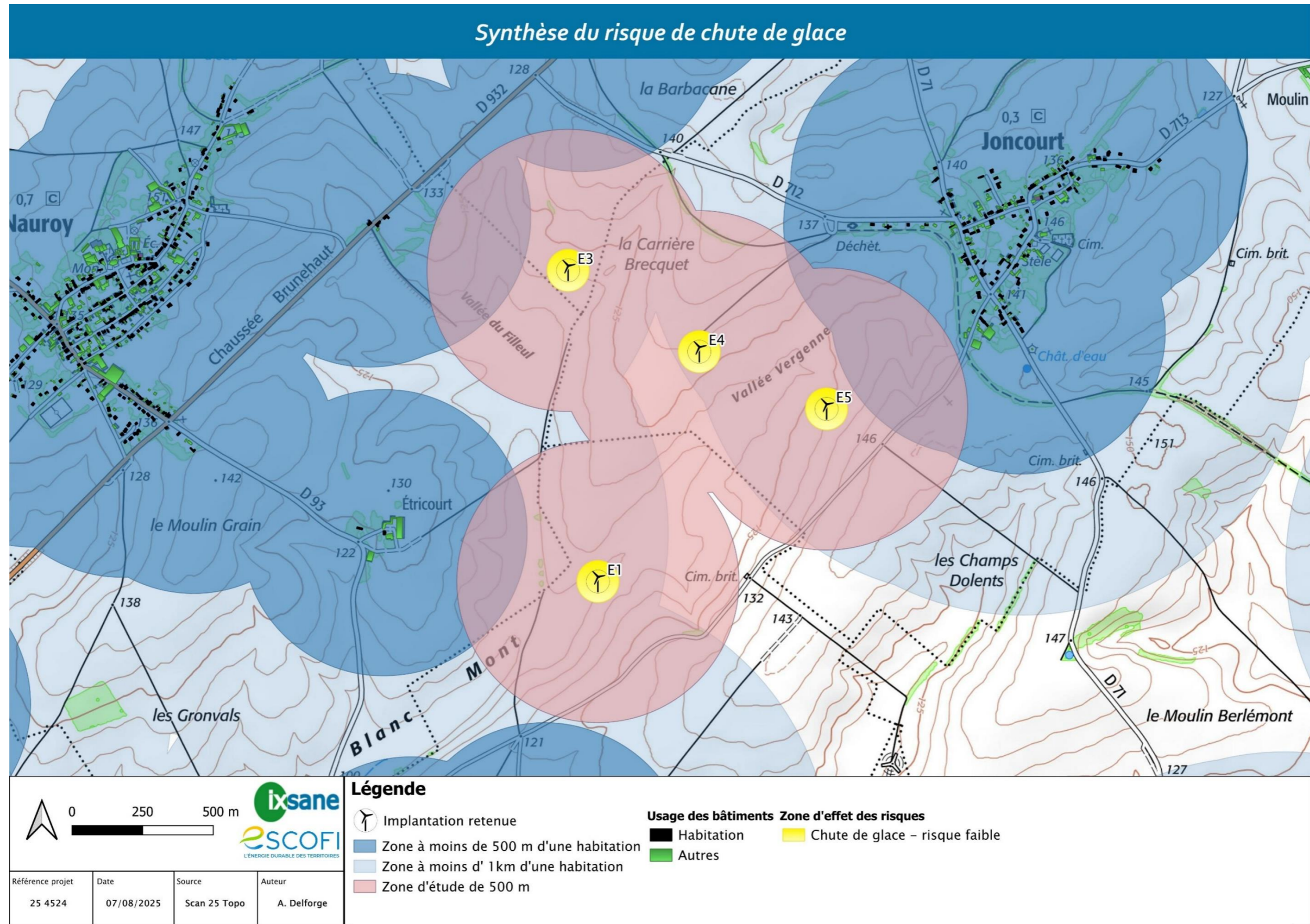


Figure 35 : Synthèse du risque chute de glace

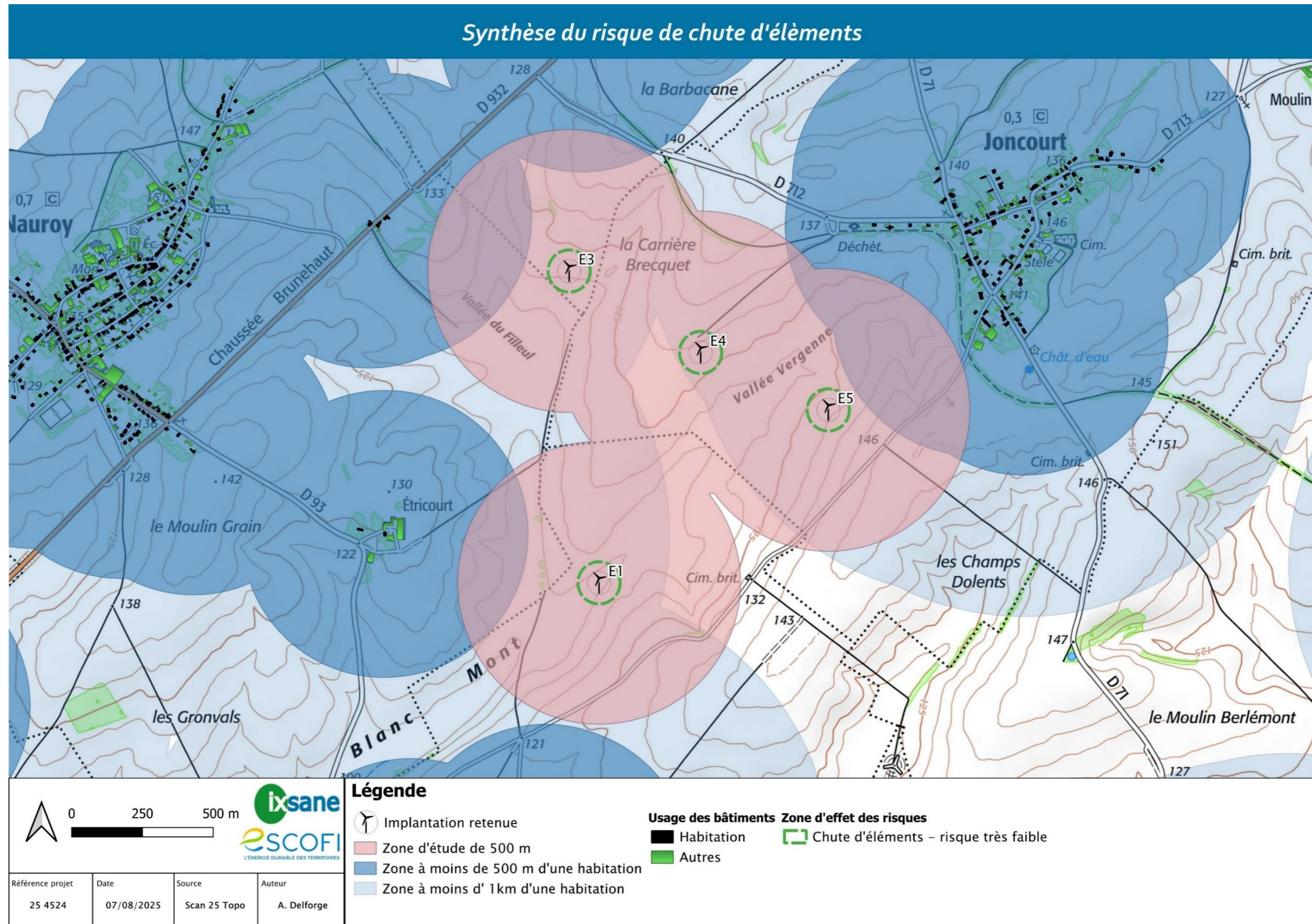
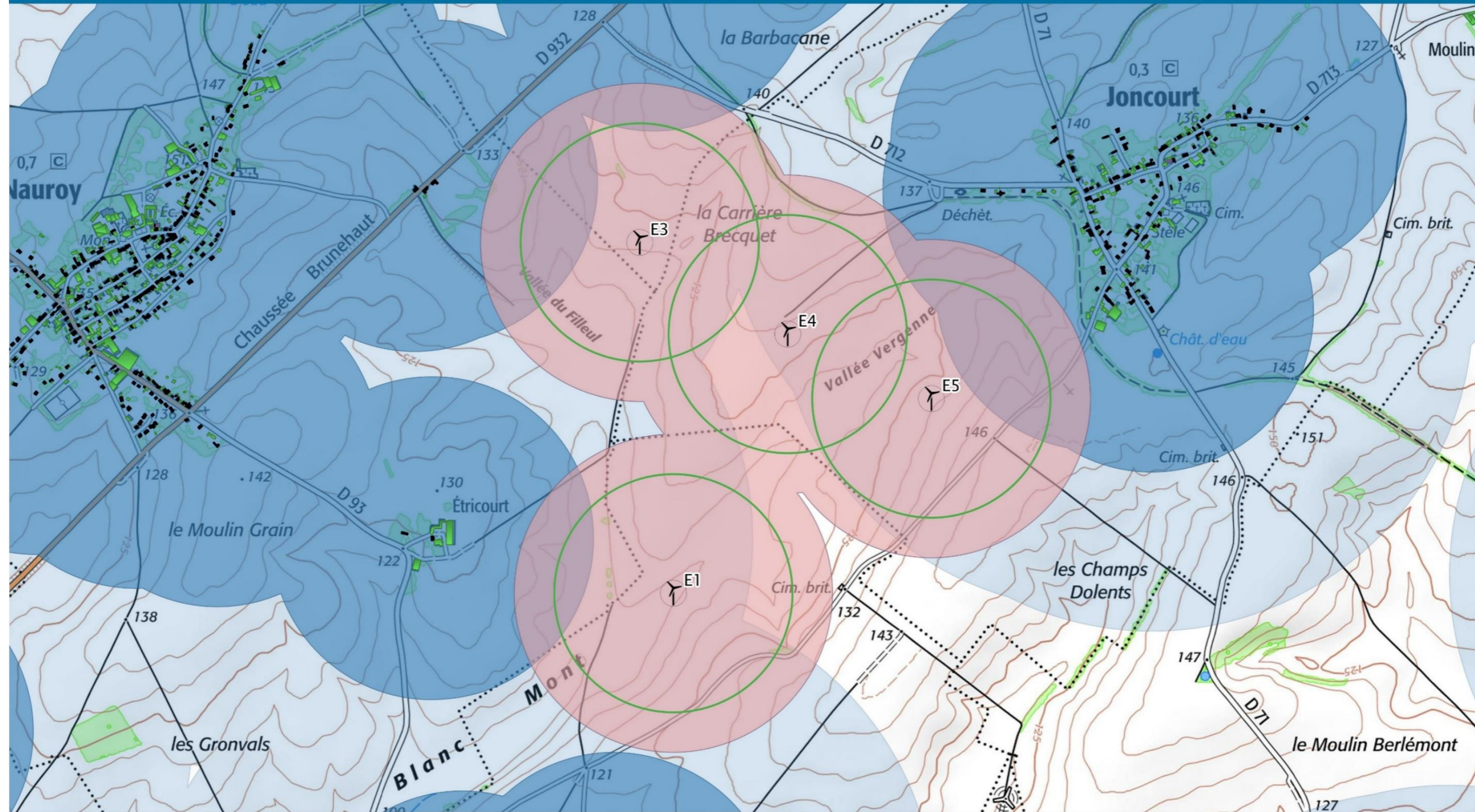


Figure 36 : Synthèse du risque de chute d'éléments

Synthèse du risque de projection de glace



| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| | | | |
| Légende Implantation retenue Zone d'étude de 500 m Zone à moins de 500 m d'une habitation Zone à moins d' 1 km d'une habitation | | Usage des bâtiments Habitation Autres Zone d'effet des risques Projection de glace - risque très faible | |
| Référence projet 25 4524 | Date 07/08/2025 | Source Scan 25 Topo | Auteur A. Delforge |

Figure 37 : Synthèse du risque projection de glace

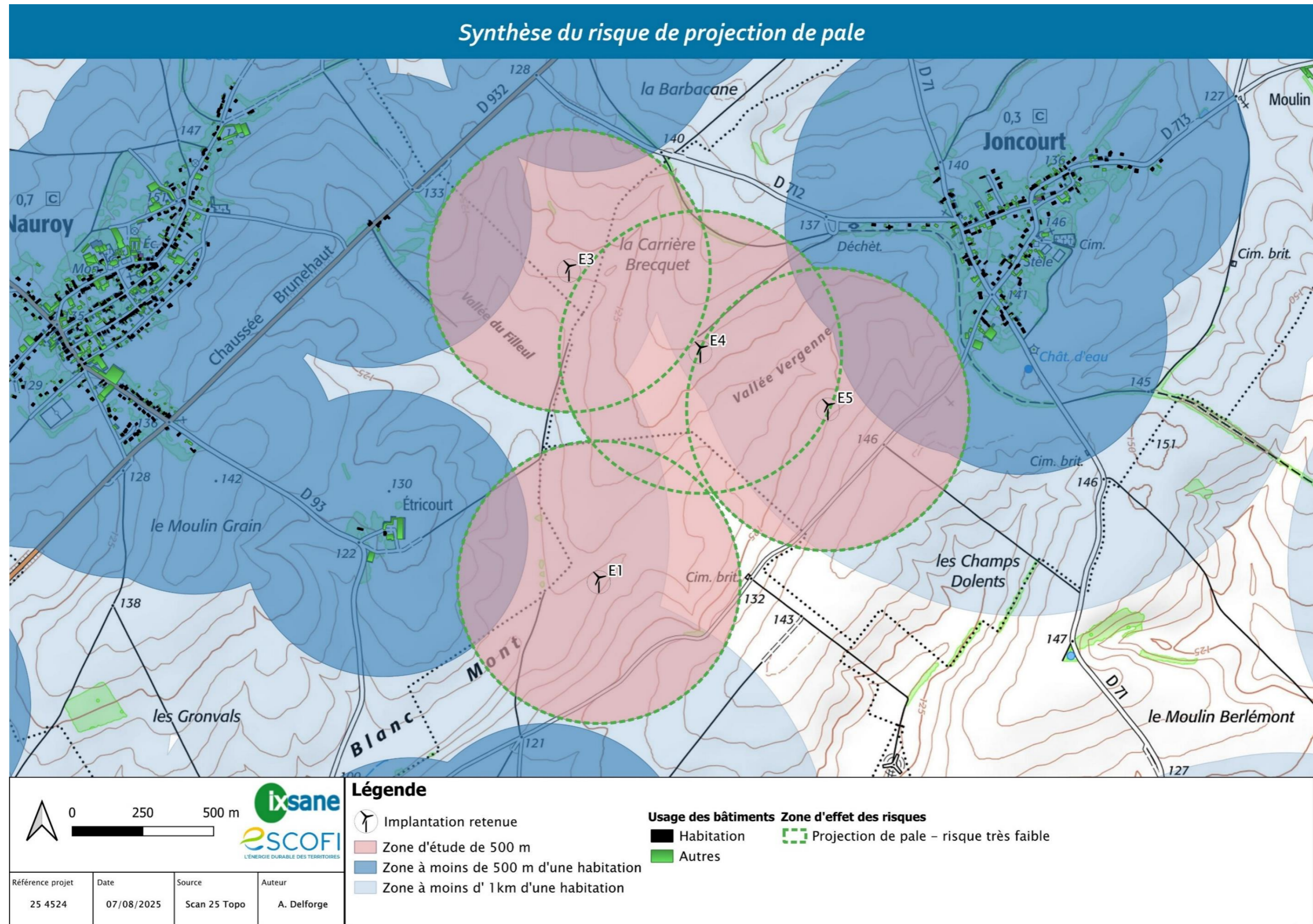


Figure 38 : Synthèse du risque projection de pale

9. CONCLUSION

Suite à la réalisation de la matrice de criticité sur les 4 éoliennes du parc éolien des Champs Dolents, il apparaît que les accidents les plus significatifs en termes de risque sont liées à :

- La chute de glace ;

Les scénarios « Effondrement de l'éolienne » ; « Projection de pales » ; « Chute d'éléments » et « Projection de glace » ont également fait l'objet d'une étude détaillée (estimation de la probabilité, gravité, cinétique et intensité des événements).

Ils constituent un risque acceptable pour les personnes exposées.

Le tableau ci-dessous représente la probabilité et la gravité des accidents majeurs les plus significatifs en termes de risque :

| Accidents majeurs les plus significatifs | | |
|------------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| Scénario | Probabilité | Gravité |
| Projection de pale | D | « Modérée » pour les quatre éoliennes |
| Effondrement de l'éolienne | D | « Modérée » pour les quatre éoliennes |

Plusieurs mesures de maîtrise des risques sont mises en place pour prévenir ou limiter les conséquences de ces accidents majeurs. Ces mesures de sécurité sont conformes aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation.

De plus, un panneau de signalisation sera mis en place à proximité des éoliennes (conformément à l'arrêté du 26/08/11) afin de prévenir les riverains et les usagers du site des risques potentiels liés à l'installation.

Le tableau suivant a pour objectif de synthétiser les principales mesures de sécurité permettant de prévenir les conséquences des accidents les plus significatifs sur le parc éolien des Champs Dolents.

| Fonction de sécurité | Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace | Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) | Prévenir la survitesse | Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mesures de sécurité | Système de détection de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage. | Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées | Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire) | Détection de survitesse et système de freinage | 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 par le système de conduite |
| Description | Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site. | Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011). | 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, selon la norme ISO 9223. | Systèmes de coupures enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de commande. | L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue. |
| Efficacité | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |

Les mesures d'amélioration permettant la réduction des risques ainsi que les études complémentaires présentes dans l'étude d'impact répondent de façon efficace aux principaux scénarios d'accident majeur.

Pour les éoliennes du parc éolien des Champs Dolents, les accidents majeurs identifiés en termes de risque constituent un risque acceptable pour les personnes exposées.

10. ANNEXES

| | | |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 10.1 | Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne | 90 |
| 10.2 | Annexe 2 : Tableau de l'accidentologie française | 92 |
| 10.3 | Annexe 3 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques..... | 97 |
| 10.4 | Annexe 4 : Probabilité d'atteinte et risque individuel | 100 |
| 10.5 | Annexe 5 : Glossaire..... | 101 |
| 10.6 | Annexe 6 : Bibliographie et références utilisées | 103 |

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

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

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation (partie 3.4), 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 8).

Terrains non bâtis

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

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

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

Voies de circulation

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

Voies de circulation automobile

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.

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

Voies ferroviaires

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

Voies navigables

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

Chemins et voies piétonnes

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

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

Logements

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

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 se rencontrera 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.

10.2 Annexe 2 : Tableau de l'accidentologie française

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide technique relatif à l'élaboration de l'étude de danger dans le cadre des parcs éolien (mai 2012). 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 6. de la trame type de l'étude de dangers. **Ce tableau a été complété par un inventaire plus récent (allant de 2016 à 2023) grâce à la base de données ARIA, présenté dans le paragraphe 6.1 du rapport.**

| 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 (WindpowerMonthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004) | - |

| Type d'accident | Date | Nom du parc | Département | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) de l'information | Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers |
|----------------------------|------------|-------------------------------------|-------------|-------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 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, mat intact | Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage) | Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004) | Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant |
| Rupture de pale | 2004 | Escales-Conilhac | Aude | 0,75 | 2003 | Non | Bris de trois pales | | Site Vent de Colère | Information peu précise |
| Rupture de pale + incendie | 22/12/2004 | Montjoyer-Rochefort | Drôme | 0,75 | 2004 | Non | Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min) | Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage | Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère | - |
| Rupture de pale | 2005 | Wormhout | Nord | 0,4 | 1997 | Non | Bris de pale | | Site Vent de Colère | Information peu précise |
| Rupture de pale | 08/10/2006 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère | 0,3 | 2004 | Non | Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes | Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc | Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3 | - |
| Incendie | 18/11/2006 | Roquetaillade | Aude | 0,66 | 2001 | Oui | Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle. | Malveillance / incendie criminel | Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre) | - |
| Effondrement | 03/12/2006 | Bondues | Nord | 0,08 | 1993 | Non | Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle | Tempête (vents mesurés à 137Kmh) | Article de presse (La Voix du Nord) | - |
| Rupture de pale | 31/12/2006 | Ally | Haute-Loire | 1,5 | 2005 | Oui | Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors | Accident faisant suite à une opération de maintenance | Site Vent de Colère | Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier) |
| Rupture de pale | 03/2007 | Clitourps | Manche | 0,66 | 2005 | Oui | Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ | Cause pas éclaircie | Site FED Interne exploitant | - |

| 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 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) | - |
| 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) |

| 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 | 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 | - |

| 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 | 15/05/2012 | Chemin d'Ablis | Eure-et-Loir | 2 | 2008 | Oui | Chute d'une pale de 9 tonnes et rupture du roulement raccordant la pale au hub | Traces de corrosion dans les trous d'alésage traversant une des bagues du roulement | Articles de presse (leFigaro 22/05/2012) et ARIA (n°42919) | - |
| Effondrement de la tour | 30/05/2012 | Non communiqué | Aude | 0,2 | 1991 | Non | Effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut | Rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit | ARIA (n°43110) | - |
| Projection d'un élément de la pale | 01/11/2012 | Non communiqué | Cantal | 2,5 | 2011 | Oui | Projection d'un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne à 70 m du mât | | ARIA (n°43120) | - |

10.3 Annexe 3 : 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 7.4. 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.

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.

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

Scénario P01

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

Scénario P02

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

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

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

10.4 Annexe 4 : Probabilité d'atteinte et risque individuel

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

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

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

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Les mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux

Les mesures (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux

Les mesures (ou barrières) de protection : mesures visant à limiter les conséquences sur les enjeux potentiels par diminution de la vulnérabilité.

Phénomène dangereux : Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005, susceptibles d'infliger un dommage à des enjeux (ou éléments vulnérables) 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 exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;

2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

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

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

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

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

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

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

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

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

Aérogénérateur : Dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur. **Survitesse** : Vitesse de rotation des parties tournantes (rotor constitué du moyeu et des pales ainsi que la ligne d'arbre jusqu'à la génératrice) supérieure à la valeur maximale indiquée par le constructeur.

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

10.6 Annexe 6 : Bibliographie et références utilisées

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- [2] NF EN 61400-1 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. Veenkeringenieurgesellschaft, 2004
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission - Public Interest Energy Research Program, 2006
- [8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- [9] Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- [10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- [13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [14] Alpine test site Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattinetal.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. - Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteutrois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005