



# VOLUME 5b – ETUDE DE DANGERS

## Parc éolien de La Crayère

**Commune de Courcemain**

Département : Marne (51)

Juin 2023 – VERSION N°1





**ATER Environnement**

RCS de Compiègne n° 534 760 517 – Code APE : 7112B

Siège : 38, rue de la Croix Blanche – 60680 GRANDFRESNOY

Tél : 03 65 98 06 26 – Mail : [thomas.cointe@ater-environnement.fr](mailto:thomas.cointe@ater-environnement.fr)

Rédacteur : M. Thomas COINTE

# SOMMAIRE

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Préambule</b>   | <b>5</b>  |
| 1 - 1     | Objectif de l'étude de dangers   | 5         |
| 1 - 2     | Le contexte législatif et réglementaire                                      | 5         |
| 1 - 3     | Nomenclature des installations classées                                      | 6         |
| <b>2</b>  | <b>Informations générales concernant l'installation</b>                      | <b>7</b>  |
| 2 - 1     | Renseignements administratifs  | 7         |
| 2 - 2     | La société ELICIO FRANCE   | 7         |
| 2 - 3     | Le groupe NETHYS   | 8         |
| 2 - 4     | Capacités techniques et financières du demandeur                             | 8         |
| 2 - 5     | Localisation du site   | 12        |
| 2 - 6     | Définition du périmètre d'étude de dangers                                   | 12        |
| <b>3</b>  | <b>Description de l'environnement de l'installation</b>                      | <b>15</b> |
| 3 - 1     | Environnement lié à l'activité humaine                                       | 15        |
| 3 - 2     | Environnement naturel  | 18        |
| 3 - 3     | Environnement matériel   | 25        |
| 3 - 4     | Cartographie de synthèse   | 28        |
| <b>4</b>  | <b>Description de l'installation</b>   | <b>35</b> |
| 4 - 1     | Caractéristiques de l'installation   | 35        |
| 4 - 2     | Fonctionnement de l'installation   | 37        |
| 4 - 3     | Fonctionnement des réseaux de l'installation                                 | 47        |
| <b>5</b>  | <b>Identification des potentiels de dangers de l'installation</b>            | <b>51</b> |
| 5 - 1     | Potentiels de dangers liés aux produits                                      | 51        |
| 5 - 2     | Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation               | 52        |
| 5 - 3     | Réduction des potentiels de dangers à la source                              | 52        |
| <b>6</b>  | <b>Analyse des retours d'expérience</b>                                      | <b>55</b> |
| 6 - 1     | Inventaire des accidents et incidents en France                              | 55        |
| 6 - 2     | Inventaire des accidents et incidents à l'international                      | 58        |
| 6 - 3     | Inventaire des accidents et incidents survenus sur les sites de l'exploitant | 60        |
| 6 - 4     | Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience      | 61        |
| 6 - 5     | Limites d'utilisation de l'accidentologie                                    | 61        |
| <b>7</b>  | <b>Analyse préliminaire des risques</b>                                      | <b>63</b> |
| 7 - 1     | Objectif de l'analyse préliminaire des risques                               | 63        |
| 7 - 2     | Recensement des événements exclus de l'analyse des risques                   | 63        |
| 7 - 3     | Recensement des agressions externes potentielles                             | 63        |
| 7 - 4     | Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques                    | 64        |
| 7 - 5     | Effets dominos sur les ICPE  | 66        |
| 7 - 6     | Mise en place des mesures de sécurité  | 66        |
| 7 - 7     | Conclusion de l'analyse préliminaire des risques                             | 70        |
| <b>8</b>  | <b>Etude détaillée des risques</b>   | <b>71</b> |
| 8 - 1     | Rappel des définitions   | 71        |
| 8 - 2     | Détermination des paramètres pour l'étude détaillée des risques              | 73        |
| 8 - 3     | Synthèse de l'étude détaillée des risques                                    | 80        |
| <b>9</b>  | <b>Conclusions</b>   | <b>83</b> |
| <b>10</b> | <b>Annexes</b>   | <b>85</b> |
| 10 - 1    | Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques             | 85        |
| 10 - 2    | Probabilité d'atteinte et risque individuel                                  | 87        |
| 10 - 3    | Glossaire  | 87        |
| 10 - 4    | Bibliographie  | 88        |
| 10 - 5    | Table des illustrations  | 89        |
| 10 - 6    | K-bis de la société « SAS ELICIO La Crayère »                                | 91        |
| 10 - 7    | Type certificate   | 92        |



# 1 PREAMBULE

## 1 - 1 Objectif de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société « SAS ELICIO la Crayère », maître d'ouvrage et futur exploitant du parc, pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de La Crayère sur la commune de Courcemain, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, et que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre, ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

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

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

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

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

**Cette étude a été réalisée à partir du guide de l'étude de dangers de Mai 2012 élaboré par l'INERIS, en étroite collaboration avec la DGPR, le SER et la FEE.**

## 1 - 2 Le contexte législatif et réglementaire

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation environnementale. Selon l'article L. 181-25 issu de l'ordonnance n° 2017-80 du 26 janvier 2017 relative à l'autorisation environnementale, l'étude de dangers 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. Cet article poursuit en indiquant que « *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* ».

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

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

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article D.181-15-2 III du Code de l'Environnement, modifié par le décret n°2019-1035 du 9 octobre 2019 – art.36 :

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

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

D'autres textes législatifs et réglementaires, relatifs aux ICPE soumises à autorisation, s'appliquent aux études de dangers :

- Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ;
- Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005 modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

## 1 - 3 Nomenclature des installations classées

Conformément à l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, modifié par le décret n°2019-1096 du 28 octobre 2019, les parcs éoliens sont soumis à la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées :

| N°   | A – Nomenclature des installations classées  |                   |           |
|------|--|-------------------|-----------|
|      | 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 la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 50 m ;   | A                 | 6         |
|      | 2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 12 m, lorsque la puissance totale installée est : |                   |           |
|      | a) Supérieure ou égale à 20 MW.....  | A                 | 6         |
|      | b) Inférieure à 20 MW.....   | D                 |           |

(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement

(2) Rayon d'affichage en kilomètres

Tableau 1 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2019-1096 du 28 octobre 2019)

Le parc éolien de La Crayère comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m (entre 119 m et 125 m à hauteur de moyeu pour ce site) : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation environnementale.

*Remarque* : De manière plus précise, le projet de parc éolien de La Crayère est constitué de 4 éoliennes de 7,2 MW de puissance maximale selon le modèle envisagé, pour une puissance totale installée maximale de 28,8 MW. Les aérogénérateurs envisagés seront ceux des constructeurs **VESTAS, SIEMENS GAMESA et ENERCON**. L'implantation des aérogénérateurs est d'ores et déjà déterminée de manière précise. Le parc comprend également deux postes de livraison.

| Modèle | Constructeur   | Puissance (MW) | Hauteur au moyeu (m) | Diamètre rotor (m) | Hauteur en bout de pale (m) |
|--------|----------------|----------------|----------------------|--------------------|-----------------------------|
| SG 155 | SIEMENS GAMESA | 4,7 à 6,6      | 122,5                | 155                | 200                         |
| V 150  | VESTAS         | 4,5            | 125                  | 150                | 200                         |
| V 162  | VESTAS         | 5,6 à 7,2      | 119                  | 162                | 200                         |
| E 160  | ENERCON        | 5,6            | 120                  | 160                | 200                         |

Tableau 2 : Inventaire des modèles d'éoliennes possibles pour le projet de La Crayère (source : ELICIO, 2023)

⇒ Ainsi, pour le parc éolien de La Crayère, la hauteur maximale en bout de pale, des éoliennes sera de 200 m pour une puissance totale maximale de 28,8 MW.

## 2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### 2 - 1 Renseignements administratifs

Le demandeur est la société « SAS ELICIO la Crayère », Maître d'Ouvrage du projet et futur exploitant du parc.

L'objectif final de la société « SAS ELICIO la Crayère » est la construction du parc, la mise en service, l'opération et la maintenance du parc pendant la durée d'exploitation du parc éolien.

La société « SAS ELICIO la Crayère » sollicite l'ensemble des autorisations liées à ce projet et prend l'ensemble des engagements en tant que future société exploitante du parc éolien.

|                      |   |
|----------------------|---|
| Raison sociale       | ELICIO LA CRAYERE                       |
| Forme juridique      | SAS                                     |
| Capital social       | 37000 euros                             |
| Siège social         | 30 Boulevard Richard Lenoir 75011 Paris |
| Registre du commerce | RCS PARIS                               |
| N° SIRET             | 834 780 710 00010                       |
| Code NAF             | 3511Z / Production d'électricité        |

Tableau 3 : Références administratives de la « SAS ELICIO la Crayère » (source : ELICIO, 2023)

|             |   |
|-------------|---|
| Nom         | JANSSENS  |
| Prénom      | ALAIN   |
| Nationalité | BELGE   |
| Qualité     | Président de la SAS Elicio France, elle-même Présidente de la SAS Elicio La Crayère |

Tableau 4 : Références du signataire pouvant engager la société « SAS ELICIO la Crayère » (source : ELICIO, 2023)

La présente étude de dangers a été rédigée par Monsieur Thomas COINTE du bureau d'études ATER Environnement dont l'ensemble des coordonnées administratives se trouve au verso de la page de garde.

### 2 - 2 La société ELICIO FRANCE

ELICIO FRANCE est une société par actions simplifiée au capital de 16 180 000 €, dont le siège social est situé à Paris. **ELICIO France SAS** est la branche française de l'entreprise d'énergie belge ELICIO SA, dont le siège est à Ostende.

ELICIO SA est un producteur d'électricité verte principalement issue de l'éolien. La société possède un véritable savoir-faire dans le développement, la construction, la réalisation et la mise en service de parcs éoliens (onshore et offshore).

Près de **599 MW** sont actuellement **en exploitation** et près de 2 580 MW en développement dans cinq pays (Belgique, France, Serbie, Espagne et Ecosse).

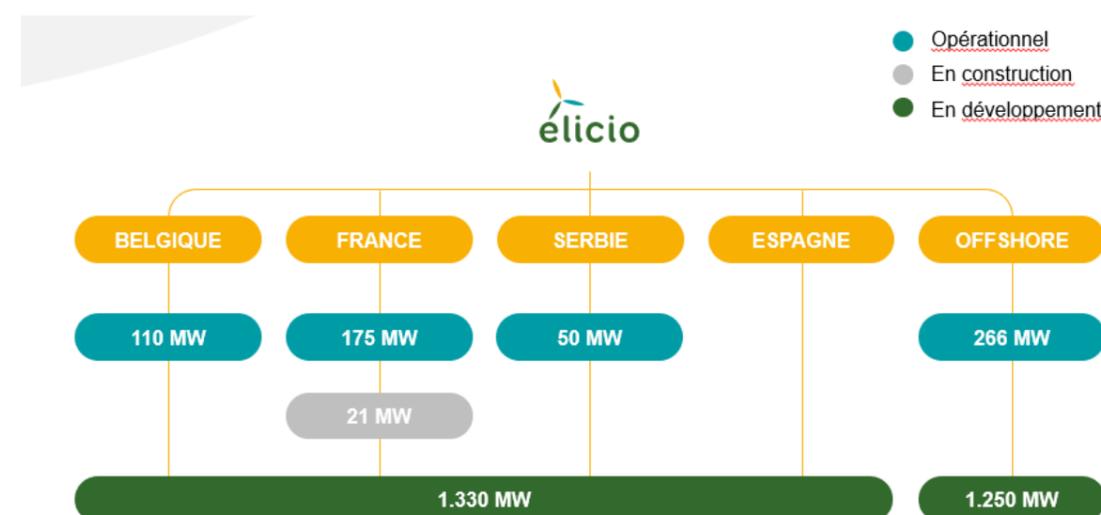


Figure 1 : Structure de la société ELICIO (source : ELICIO FRANCE, juin 2022)

## 2 - 3 Le groupe NETHYS

ELICIO SA est une filiale du groupe **NETHYS**, acteur majeur dans le domaine de l'énergie et des télécommunications en Wallonie (Belgique).

NETHYS est un groupe industriel Wallon de premier plan et un opérateur historique dans les réseaux de gaz et d'électricité. Dépendant de l'intercommunale ENODIA, le groupe a la particularité d'être 100% public. Constituée en 1923 et basée à Liège, les actionnaires principaux sont la Province de Liège et 76 communes de la province de Liège.

NETHYS occupe aujourd'hui des positions fortes dans 3 secteurs clés :

- L'énergie : la distribution d'énergie et la production d'énergie renouvelable ;
- Les médias et télécommunications ;
- La prise de participation dans des secteurs à haute valeur ajoutée.



Figure 2 : Structure du groupe NETHYS (source : ELICIO FRANCE)

C'est au sein de NETHYS, l'entité industrielle et opérationnelle majeure du groupe, qu'est centralisé l'ensemble des activités issues de ces trois secteurs-clés :

- NETHYS Energy, prestataire de services auprès des collectivités dans le domaine des économies d'énergie et du développement durable ;
- ELICIO, producteur d'énergie renouvelable ;
- VOO et BÉtv, opérateurs de téléphonie, Internet et télévision pour les particuliers ;
- WIN, opérateur télécom à destination des professionnels ;
- NETHYS Invest, portefeuille de participations dans les secteurs porteurs.

## 2 - 4 Capacités techniques et financières du demandeur

Ce sont les capacités techniques et financières du groupe ELICIO SA et du groupe NETHYS qui sont présentées.

### 2 - 4a Capacités techniques

ELICIO maîtrise l'ensemble des activités de la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables : le développement, l'ingénierie, le financement, la construction et l'exploitation.

ELICIO compte 81 employés et exploite actuellement **plus de 426 MW** à l'international.

L'ensemble des équipes d'Elicio permet à chaque projet de suivre un trajet fixe du Développement à l'Exploitation en passant par le Financement et la Construction. Ces quatre divisions principales sont soutenues par un ensemble de services supports tels que la Finance, le service Juridique et la Communication.

### Réalisations éolien on-shore (état à janvier 2023)

ELICIO détient 33 parcs opérationnels en France, en Belgique et en Serbie :

- 15 parcs en France, d'une puissance brute totale de 173 MW ;
- 18 parcs en Belgique, d'une puissance brute totale de 110 MW ;
- 2 parcs en Serbie, d'une puissance totale de 50 MW.

| Localisation         | Mise en service | Puissance en MW | % du capital | Total MW      |
|----------------------|-----------------|-----------------|--------------|---------------|
| Plélan-le-grand      | Nov-08          | 12              | 65%          | 7,8           |
| Lanrivain            | Oct-09          | 8               | 100%         | 8             |
| Beau Soleil          | Mai-10          | 10              | 100%         | 10            |
| Croix des 3 Chesnuts | Mai-10          | 8               | 100%         | 8             |
| Penquer II           | Oct-10          | 4               | 40%          | 1,6           |
| Penquer I            | Oct-10          | 12              | 100%         | 12            |
| Pigeon blanc         | Nov-10          | 12              | 70%          | 8,4           |
| Landier Du Rohallet  | Déc-10          | 8               | 100%         | 8             |
| Bois De Folleville   | Oct-16          | 6,15            | 100%         | 6,15          |
| Le Quint             | Avr-17          | 18              | 100%         | 18            |
| Bois De Grisan       | Oct-17          | 8               | 100%         | 8             |
| Le Houssa            | Déc-17          | 8               | 100%         | 8             |
| L'Oasis              | Fév-18          | 10,25           | 100%         | 10,25         |
| Arc en Thiérache     | Déc-19          | 16              | 100%         | 16            |
| Le Haut Plateau      | Sept-21         | 32,4            | 100%         | 32,4          |
|                      |                 | <b>172,8</b>    |              | <b>162,60</b> |

Figure 3 : Parcs éoliens en service en France (source : ELICIO FRANCE)

Deux parcs sont actuellement en construction, de 12 et 8,8 MW, respectivement dans la Somme et les Côtes-d'Armor.

## L'éolien off-shore

ELICIO détient également un portefeuille de **266 MW** de projets éoliens offshore en Mer du Nord. Il s'agit de participations dans des concessions qui ont été octroyées à différents investisseurs au sein de consortiums.

ELICIO, avec ses participations dans les concessions NORTHER, RENTEL et SEAMADE est un des acteurs majeurs, en termes de participations dans l'éolien offshore en Belgique.

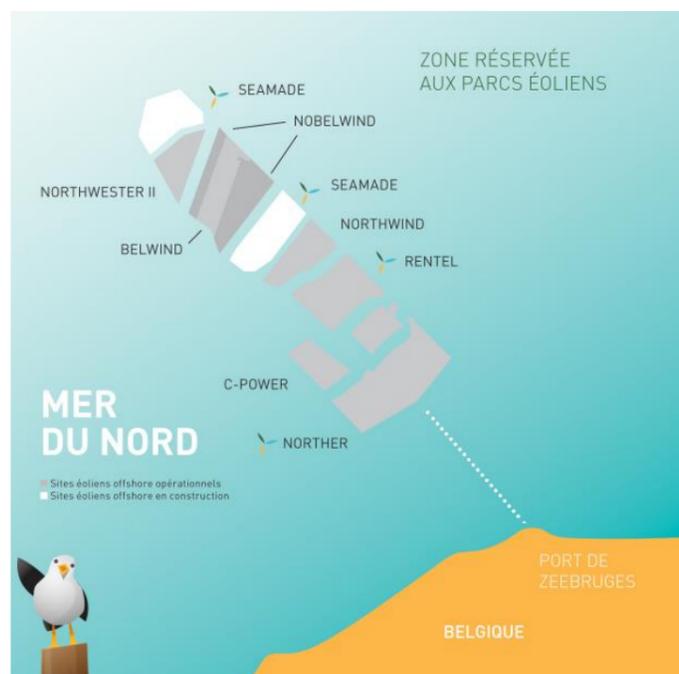


Figure 4 : Localisation des parcs éoliens off-shore (source : ELICIO France)

## La maîtrise de l'activité d'exploitation et de maintenance des parcs

L'ensemble de la maintenance de nos parcs éoliens est sous-traité via un contrat de maintenance de long terme (15 ans minimum) avec le constructeur de l'éolienne afin de s'assurer que les pannes et dysfonctionnements soient prises en charge dans les meilleurs délais mais aussi que la maintenance préventive des éoliennes soit assurée conformément au cahier des charges du fabricant.

Néanmoins, Elicio assure l'exploitation, le suivi et la gestion de son portefeuille de parcs éoliens grâce à trois Responsables Exploitation en France. Ces derniers mettent en place et gèrent les contrats de collaboration de moyen ou long terme avec des experts tiers comme celui en charges des opérations de maintenance du parc éolien, les assureurs, les agrégateurs ou encore les relations avec les exploitants agricoles et les élus.

Ainsi, Elicio SA et Elicio France SAS assurent, au quotidien, les missions suivantes sur les parcs en exploitation :

- Gestion de la maintenance :
  - ✓ Planification et encadrement des opérations de maintenance ;
  - ✓ Gestion de la maintenance préventive et curative ;
  - ✓ Contrôle, surveillance et inspection une fois les travaux de maintenance terminés.
- Gestion technique :
  - ✓ Suivi détaillé et réactivité immédiate ;
  - ✓ Surveillance de toutes les centrales à distance depuis une salle de contrôle dédiée ;
  - ✓ Service client disponible 24h/24 et 7j/7.
- Gestion opérationnelle :
  - ✓ Respect des normes et de la réglementation ;
  - ✓ Rédaction des plans de prévention ;
  - ✓ Organisation de tous les contrôles réglementaires ;
  - ✓ Gestion du suivi des inspections ICPE ;
  - ✓ Gestion des relations avec les administrations, les exploitants agricoles et autres gestionnaires de réseaux ;
  - ✓ Organisation des suivis réglementaires (environnementaux, acoustiques) ;

- Gestion juridique :
  - ✓ Traitement des recours en garantie,
  - ✓ Traitement des déclarations de sinistres éventuels,
  - ✓ Traitement des réclamations de dommages financiers et/ou de pertes de production auprès de tiers.
- Gestion financière :
  - ✓ Comptabilité journalière du projet ; les paiements ; le controlling ;
  - ✓ Rédaction des comptes annuels ;
  - ✓ Gestion des remboursements de la dette ;
  - ✓ Reporting aux prêteurs ;
  - ✓ Négociation et mise en place des polices d'assurance ;

Ces procédures établies en interne permettent d'avoir une maîtrise sur l'exploitation de nos parcs en temps réel. Le weekend un système d'astreinte a été mis en place avec l'ensemble de ces 3 collaborateurs afin de pouvoir assurer un suivi continu des parcs en exploitation.

## 2 - 4b Capacités financières

### Les capacités financières du demandeur

Elicio France SAS est la holding des sociétés de projets français et regroupe toutes les activités de développement. Elicio France est l'actionnaire majoritaire de 15 parcs éoliens terrestres opérationnels avec une capacité installée brute de 173 MW, équivalent à un total consolidé d'actifs d'environ 142 M€ à la fin de l'année 2021.

Les chiffres du groupe Elicio sont officiellement consolidés au niveau de Enodia SCiRL. Ces chiffres consolidés illustrent la solidité et la stabilité du groupe englobant Elicio France SAS.

Le rapport annuel 2020 d'Enodia indique un chiffre d'affaires consolidé de 956 M€ en 2020. L'excédent brut d'exploitation (EBITDA) a augmenté de 11 % par rapport à l'année précédente pour atteindre 368 M€. Le résultat d'exploitation (EBIT) a augmenté de 36 % par rapport à l'année dernière pour atteindre 140 M€, grâce à la performance en termes de chiffre d'affaires. Au total, le bénéfice net en 2020 a atteint 102 M€, contre 65 M€ en 2019.

Enodia a un ratio de fonds propres par rapport au bilan total de 48,5 %, ce qui témoigne de la solidité financière du groupe tout entier. Les fonds propres s'établissent à 2.173 M€ dont les éléments essentiels sont le capital à hauteur de 373 M€ et les réserves consolidées de 1.560 M€. Les actifs immobilisés consolidés s'établissent à 3.617 M€ dont les éléments essentiels sont les immobilisations corporelles pour 2.802 M€ et les immobilisations financières pour 670 M€ (dont 407 M€ de participations dans des sociétés mises en équivalence). Environ 81% des actifs consolidés d'Enodia sont des actifs immobilisés à fortes valeurs résiduelles en partie liés à des réseaux d'infrastructure de distribution d'énergie ou de télécommunications.

Cette capacité est destinée à financer en fonds propres les projets de parcs éoliens développés par Elicio France SAS en complément du financement bancaire réalisé auprès des partenaires bancaires. **Elicio France SAS dispose donc des capacités financières nécessaires au développement du projet.**

## Le montage du financement

### Les revenus de l'éolien

Un projet éolien produit de l'électricité sur base d'une ressource inépuisable : le vent. L'énergie électrique ou mécanique produite par une éolienne dépend de plusieurs paramètres : la technologie choisie dont la longueur des pales (le rotor) et la vitesse du vent au niveau de la nacelle après d'éventuelles obstacles.

L'estimation de la production est issue de mesures de vent analysées par des experts dans le domaine. Elle est basée sur le P50, ce qui signifie qu'il y a 50% de chance que la production soit plus importante que celle considérée. Par ailleurs la production retenue tient compte des bridages éventuels envisagés en vue de réduire les impacts du projet.

Dès la mise en exploitation du parc, l'énergie électrique produite est injectée sur le réseau. Néanmoins, la spécificité des énergies renouvelables réside dans le fait que cette électricité bénéficie d'un mécanisme de subvention publique, mis en place dans les années 2000 par les Etats-membres suites aux différentes directives adoptées par la Commission européenne sur le développement des énergies renouvelables. Ces mécanismes ont depuis évolué afin d'insérer plus de concurrence entre l'électricité issue de source renouvelable et l'électricité issue de source conventionnel. C'est ainsi que l'arrêté du 13 décembre 2016 introduit le complément de rémunération et définit les conditions pour bénéficier de celui-ci par les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent. Ainsi, à compter du 1er janvier 2017, le bénéfice du complément de rémunération résulte de deux procédures distinctes :

- Une procédure d'appel d'offres, pour les parcs éoliens d'au minimum 7 aérogénérateurs ou pour les parcs dont un des aérogénérateurs d'une puissance nominale supérieure à 3 MW. Cette procédure résulte du décret n°2016-170 du 18 février 2016, relatif à la procédure d'appel d'offres pour les installations d'électricité et le cahier des charges d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'Installation de production d'électricité de l'énergie mécanique du vent, implantées à terre du 10 mai 2017. Dans ce cadre, l'Etat français, en qualité de pouvoir adjudicateur, lance des appels d'offres pour une puissance cumulée appelée de 500 MW par période. Les exploitants éoliens adressent leurs offres qui sont instruites par la Commission de Régulation de l'Energie. L'un des principaux critères de notation des offres est le tarif de référence proposé par le candidat exploitant ; l'objectif visé étant une compétitivité des tarifs proposés par les exploitants éoliens.
- Une procédure dite "guichet ouvert", pour les parcs éoliens de maximum 6 machines et ne disposant d'aucun aérogénérateur d'une puissance nominale supérieure à 3 MW. Cette procédure est entérinée par le décret 2017-676 du 28 avril 2017 et l'arrêté ministériel du 6 mai 2017 fixant les conditions du complément de rémunération de l'électricité par les installations de productions d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent, de 6 aérogénérateurs au maximum. Dans ce cadre, l'exploitant éolien adresse une demande complète de contrat de complément de rémunération à Electricité de France dans les conditions définies dans l'arrêté du 6 mai 2017.

Il convient de préciser qu'une nouvelle structure de financement émerge sur base des PPA (Power Purchase Agreement). Il s'agit d'un contrat de livraison d'électricité conclu à long terme entre deux parties, généralement un producteur et un acheteur d'électricité (consommateur ou négociant). Le PPA reprend en détail toutes les conditions de la vente de l'électricité (la quantité d'électricité à livrer, les prix négociés, la méthode de comptabilisation et les pénalités en cas de non-respect du contrat). Le principal avantage des PPA est qu'ils peuvent réduire les risques liés aux prix du marché journaliers pour la période contractée, sans faire appel à un contrat avec Electricité de France. Ils sont avant tout utilisés par les gros consommateurs d'électricité, ainsi que lorsque des investissements importants sont prévus dans la construction ou l'exploitation d'installations d'énergies renouvelables. Les PPA sont déjà très répandus, notamment chez les grands industriels qui souhaitent s'approvisionner en électricité de source renouvelable.

Dans le cadre actuel, le projet éolien ne pourrait avoir accès au complément de rémunération en guichet ouvert puisqu'il possèdera au moins une éolienne de plus de 3 MW. **Le parc éolien de La Crayère devra soumettre sa candidature à l'appel d'offres organisé par la CRE pour l'obtention d'un complément de rémunération.**

### La structure du financement d'un projet éolien

Une fois l'autorisation environnementale accordée, Elicio France SAS créera une société dite d'exploitation dédiée au projet. Cette société sera propriétaire des installations de production d'électricité. Tous les droits afférents au projet éolien seront transférés par Elicio France SAS, actionnaire direct, à cette société d'exploitation.

La société d'exploitation est donc une structure spécialement dédiée à la construction et l'exploitation du parc éolien. Elle est créée notamment pour mettre en place un financement de projet permettant aux banques de réaliser un prêt sur le seul parc éolien.

- Les capacités financières de la société d'exploitation s'apprécient au regard :
- de la qualité de son actionnariat (Elicio France SAS) ;
  - de la situation financière de la maison mère (Enodia SCiRL) ;
  - des conditions financières d'exploitation du projet éolien.

Pour financer sa construction, la société d'exploitation bénéficiera de deux types d'apports :

Un apport en compte courant de 20% du montant total du projet provenant du groupe Elicio SA.

Un financement bancaire de 80% sur une période allant de 15 à 20 ans. En effet, en fonction du coût de la technologie et du business plan prévisionnel, le ratio d'endettement peut atteindre jusqu'à 80% pour des projets bénéficiant d'un flux de revenus stable et garanti. Le remboursement, en capital et intérêts, de cet investissement initial représente ensuite une des principales charges tout au long de la phase opérationnelle du projet.

### Les spécificités du financement de projet éolien

La stratégie financière d'Elicio SA est basée sur l'investissement en projets qualitatifs. Le groupe Elicio dispose des fonds propres et des capacités techniques et financières nécessaires au financement de la phase de développement, et ensuite de la phase de construction et exploitation du projet.

Une fois purgés de tout recours, les projets peuvent faire l'objet d'un financement externe par un prêteur spécialisé. Chaque projet développé est incorporé dans une société de projet dédiée. Les revenus et les coûts de ces projets sont garantis par des contrats à long terme, ce qui permet aux prêteurs d'évaluer de manière prudente la capacité de remboursement de la dette à long terme de chaque projet.

Pour obtenir un financement bancaire, la société d'exploitation entreprend des démarches strictes et rigoureuses. En effet, pour octroyer leurs concours, les établissements bancaires exigent de pouvoir maîtriser précisément le Business Plan du projet à financer. Le financement d'un projet éolien est donc établi sur la base d'études et d'analyses spécifiques à chaque projet. Des audits internes et externes sont réalisés, consistant à analyser :

- La ressource en vent du site éolien à financer et la production d'électricité attendue. Un référentiel de production est suivi, avec une valeur de production « P90 » (valeur qui sera statistiquement dépassée pendant au moins 90% de la durée d'exploitation). Ces calculs et estimations sont souvent basés sur les résultats d'un mât de mesure sur place afin de renforcer la pertinence des estimations du productible ;
- Les études d'impact du projet éolien. Il s'agit de vérifier l'absence d'incidence susceptible de modifier les autorisations d'exploiter ;
- Les modalités, conditions, coûts et délais de raccordement du parc éolien au réseau public de distribution ou de transport ;
- Les actes fonciers pour s'assurer de la maîtrise foncière permettant la construction, l'exploitation des installations et le démantèlement du parc ;
- L'arrêté préfectoral de l'autorisation environnementale, afin de s'assurer que tous les droits sont obtenus et purgés de tout recours ;
- Les contrats liés à la construction : contrat d'achat de machines, contrats de génie civil et électrique, contrat de raccordement, contrat de maîtrise d'œuvre, marchés de travaux, etc.
- Les contrats liés à l'exploitation : contrat de maintenance, contrats d'assurance, contrat d'achat d'électricité (coûts, délais de livraison, conditions financières ...).

**En conclusion, le groupe Elicio affiche une combinaison de compétences et possède les atouts suivants :**

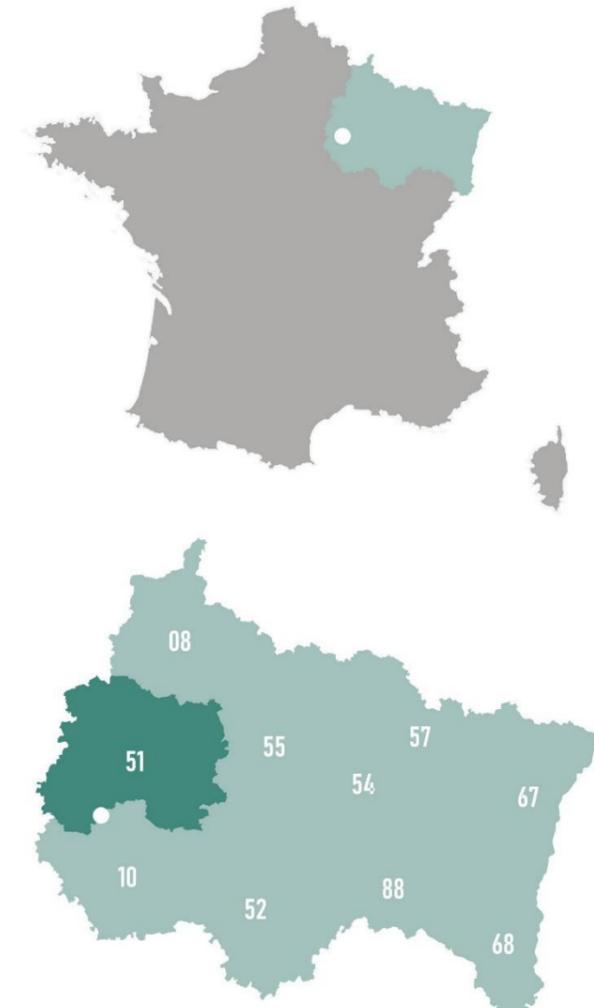
- **Une expérience reconnue en matière de développement, construction, financement et exploitation de projets éoliens en France ;**
- **Des ressources humaines et les capacités financières importantes et mobilisables pour financer le développement, la part de fonds propres et structurer et sécuriser les financements externes ;**
- **Un réseau de conseillers, banques et partenaires qui pourront être sollicités afin de faciliter le bon déroulement de chaque étape du projet.**

# Localisation géographique

**ATER** Environnement  
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

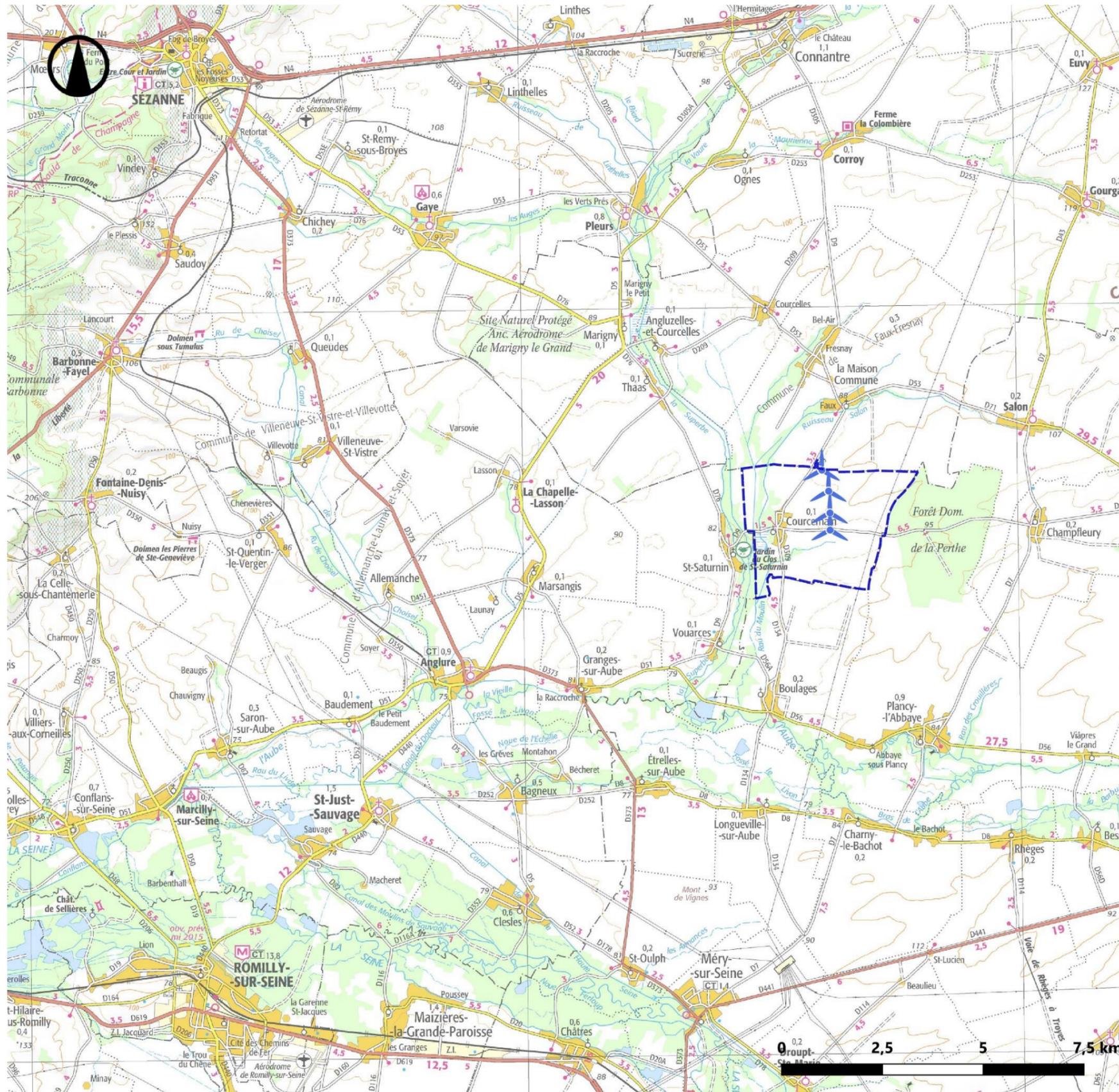
Mars 2022

Source : IGN 100® - Copie et reproduction interdites



### Légende

- Localisation du projet
- Parc éolien de La Crayère**
- ✪ Éolienne
- Limite territoriale**
- ▭ Courcemain



Carte 1 : Localisation géographique de l'installation

## 2 - 5 Localisation du site

### 2 - 5a Localisation générale

Le projet éolien de La Crayère, composé de 4 aérogénérateurs et de 2 postes de livraison, est localisé sur le territoire communal de Courcemain, dans le département de la Marne. Cette commune est localisée dans la région du Grand-Est.

Le territoire d'implantation des éoliennes est situé à environ 18 km au sud-est de Sézanne, à 19 km au nord-est du centre-ville de Romilly-sur-Seine et à 44 km au sud-ouest du centre-ville de Châlons-en-Champagne.

### 2 - 5b Identification cadastrale

Les parcelles concernées par l'activité de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent sont présentées dans le tableau ci-après. Toutes ces parcelles sont maîtrisées par le Maître d'Ouvrage via des promesses de bail emphytéotique et de constitution de servitudes, assorties le cas échéant de conventions de renonciation partielle des baux ruraux en cours et de conventions d'indemnisation.

**Les limites de propriété de l'installation** correspondent aux mâts des éoliennes et aux postes de livraison.

*Remarque* : La preuve de la maîtrise foncière (attestation) se trouve en annexe du Volume intitulé « Description de la demande », joint au présent dossier de Demande d'Autorisation Environnementale.

| Installation | Commune    | Lieu-dit             | Section | Numéro |
|--------------|------------|----------------------|---------|--------|
| E1           | Courcemain | Le Mont de Faux      | ZA      | 12     |
| E2           |            | Le Bas de la Crayère | ZA      | 20     |
| E3           |            | Les Allées           | ZC      | 1      |
| E4           |            | La Poêle             | ZC      | 31     |
| PDL 1 & 2    |            | La Crayère           | ZC      | 3      |

*Tableau 5 : Identification des parcelles cadastrales – PDL : Poste de livraison (source : ELICIO, 2023)*

## 2 - 6 Définition du périmètre d'étude de dangers

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.e.

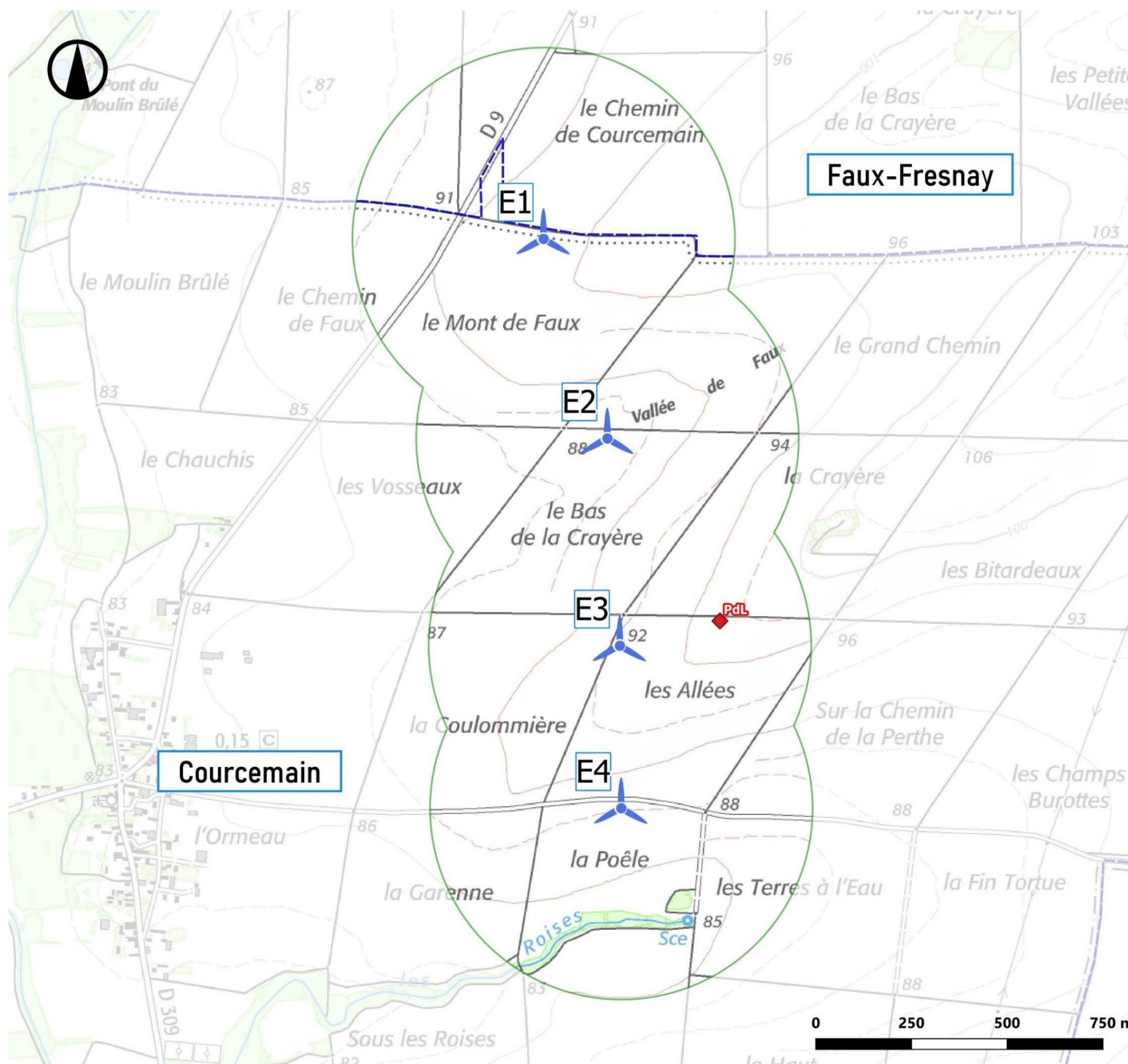
Le périmètre d'étude de dangers intègre les environs des postes de livraison, qui seront représentés sur les cartes. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont montré l'absence d'effet à l'extérieur des postes de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant les affecter.

# Périmètre d'étude de dangers de dangers

**ATER** Environnement  
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Mai 2023

Source : IGN 25®  
Copie et reproduction interdite



## Légende

Périmètre d'étude de dangers (500 m)

### Parc éolien de La Crayère

Éolienne

Postes de livraison

### Limite territoriale

Communale



## 3 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

### 3 - 1 Environnement lié à l'activité humaine

#### 3 - 1a Zones urbanisées et urbanisables

L'habitat est principalement concentré au niveau de la commune de Courcemain et des communes limitrophes comme Faux-Fresnay. Ainsi, le parc projeté est éloigné des zones constructibles (construites ou urbanisables dans l'avenir) de :

- **Territoire de Courcemain :**
  - ✓ Première habitation à 1 km SO de E2 ;
  - ✓ Première habitation à 1,1 km O de E3 ;
  - ✓ Première habitation à 1,1 km O de E4 ;
- **Territoire de Faux-Fresnay :**
  - ✓ Première habitation à 1,3 km N de E1.

⇒ Dans le périmètre d'étude de dangers, aucune habitation, zone urbaine ou zone à urbaniser n'est présente. La première habitation ou limite de zone destinée à l'habitation est à près de 1 km de l'éolienne E2, sur la commune de Courcemain.

#### Focus démographique sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers

Les territoires communaux intégrant le périmètre d'étude de dangers sont Courcemain, commune d'accueil du projet, et Faux-Fresnay (sur une petite partie du périmètre au nord). Quelques indicateurs de la population et du logement dans ces communes sont présentés dans le tableau ci-dessous.

| Commune      | Nombre d'habitants | Densité (Hab./km <sup>2</sup> ) | Nombre de logements | Part de ménages propriétaires de leur résidence principale |
|--------------|--------------------|---------------------------------|---------------------|--|
| Courcemain   | 104                | 10,4                            | 69                  | 91,5 %   |
| Faux-Fresnay | 318                | 11,7                            | 188                 | 83,4 %   |

Tableau 6 : Quelques indicateurs de la population et du logement (source : INSEE, RP2017)

Ainsi, la commune de Courcemain, avec 104 habitants en 2017, est une commune très faiblement peuplée. La densité de populations est de 10,4 hab./km<sup>2</sup>. La commune de Faux-Fresnay est plus peuplée que celle de Courcemain avec 318 habitants pour 11,7 hab./km<sup>2</sup> mais reste également une commune avec une très faible démographie.

De manière générale, les habitants de la commune de Courcemain et de Faux-Fresnay sont majoritairement propriétaires de leur résidence principale (91,5 % pour Courcemain), ce qui est une caractéristique des milieux ruraux ; les locations étant principalement concentrées dans les villes de taille moyenne à grande.

⇒ Les communes de Courcemain et de Faux-Fresnay sont peu peuplées.  
 ⇒ La part de ménages propriétaires de leur résidence principale étant élevée pour ces deux communes, celles-ci ont donc un caractère rural.

#### Documents d'urbanisme

##### Document d'urbanisme communal

###### ▪ Commune de Courcemain

Le territoire communal de Courcemain ne dispose ni d'un Plan Local d'Urbanisme (PLU) rendu public ou approuvé, ni d'un document ayant la même fonction. Il est donc soumis au **Règlement National d'Urbanisme** (RNU). Le parc éolien de La Crayère est compatible avec le Règlement National d'Urbanisme.

⇒ Le parc éolien de La Crayère est compatible avec le règlement d'urbanisme en vigueur de la commune de Courcemain.  
 ⇒ Une distance d'éloignement de 500 m a été respectée entre les éoliennes et les différentes zones urbaines afin de respecter la réglementation en vigueur.

##### SCoT (Schéma de Cohérence Territoriale)

Les communes du périmètre d'étude de dangers intègrent toutes le SCoT de Brie-en-Champagne dont le périmètre a été arrêté en début d'année 2017 mais qui est toujours en cours d'élaboration.

⇒ Un schéma de cohérence territoriale est en cours d'élaboration englobant les communes de Courcemain et de Faux-Fresnay. Cependant, aucun document de travail n'est disponible à la date de rédaction de la présente étude.

#### 3 - 1b Etablissement recevant du public (ERP)

Aucun établissement recevant du public n'est recensé dans le périmètre d'étude de dangers.

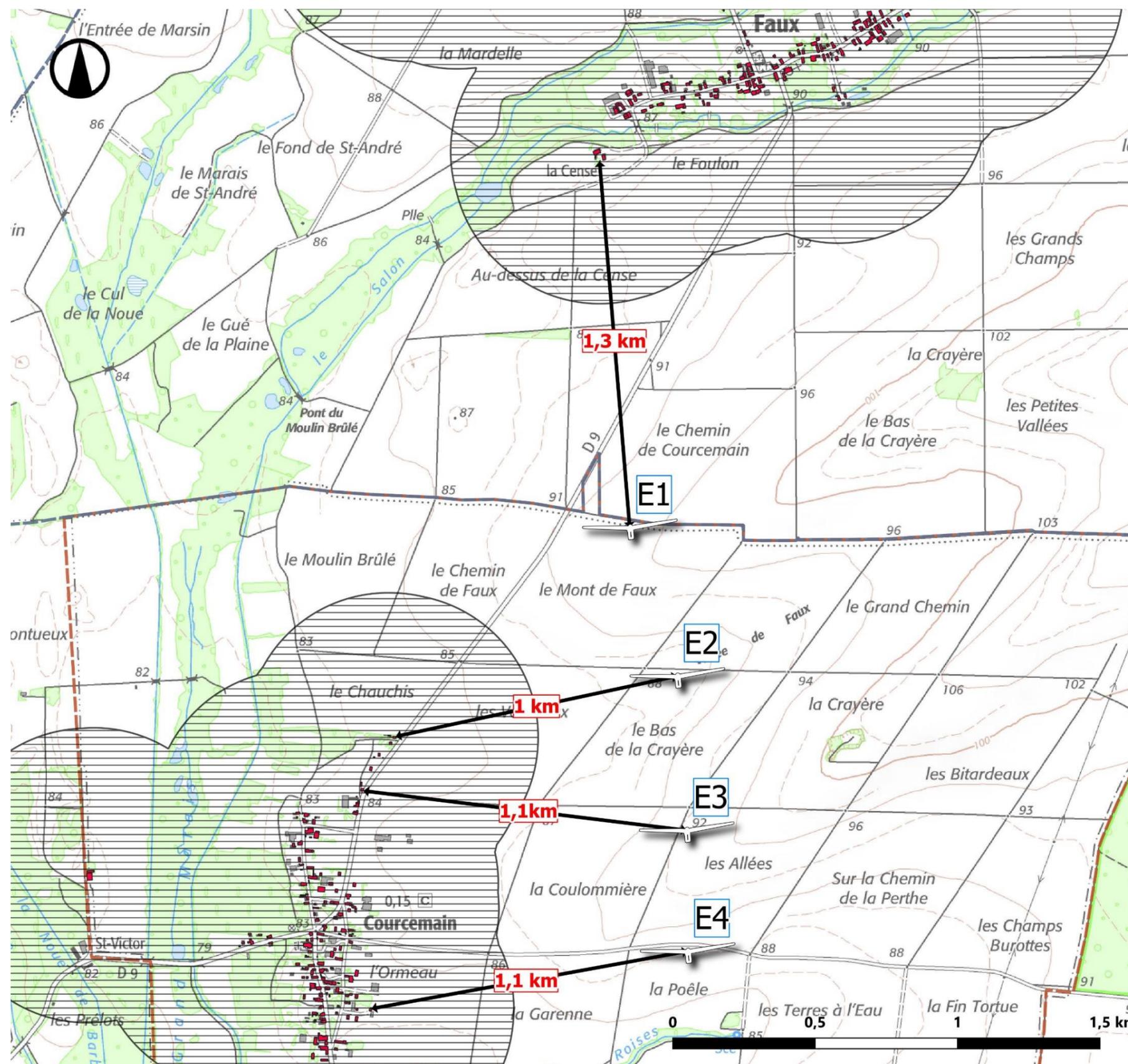
⇒ Aucun établissement recevant du public n'intègre le périmètre d'étude de dangers.

# Distance aux habitations

**ATER** Environnement  
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Mars 2022

Sources : IGN 25® - cadastre.data.gouv.fr  
Copie et reproduction interdites



## Légende

### Parc éolien de La Crayère

Éolienne

### Limite territoriale

Courcemain

Faux-Fresnay

### Urbanisme

Habitations proches

Périmètre de protection (500 m)

Distance aux habitations

Carte 3 : Distance aux premières habitations

### 3 - 1c Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base

#### Installations nucléaires de base

Le département de la Marne n'accueille aucune centrale nucléaire sur son territoire. Deux Installations Nucléaires de Base (INB) sont recensées dans le département voisin de l'Aube :

- **Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE)** de Nogent-sur-Seine, localisé à 32,4 km au Sud-Ouest du site du projet ;
- **Le centre de Stockage de l'Aube (CSA)** à Soullaine-Dhuys, localisé à 58,6 km au Sud-Est du site du projet.

Les communes du périmètre d'étude de dangers sont situées hors du périmètre du Plan Particulier d'Intervention (PPI) de la centrale de Nogent-sur-Seine.

⇒ **Aucun établissement nucléaire n'intègre le périmètre d'étude de dangers.**

#### Etablissement SEVESO

Le département de la Marne compte 9 établissements « SEVESO Seuil Haut AS » et 7 établissements « SEVESO Seuil Bas ». Le plus proche est le stockage de munitions du service interarmées des munitions de Connantray-Vaufrey, classé Seuil Haut, situé à 14,7 km au nord du projet de parc éolien de La Crayère.

⇒ **Aucun établissement SEVESO n'intègre le périmètre d'étude de dangers.**

#### Etablissement ICPE – hors éolien

**Relativement aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)**, plusieurs établissements sont inventoriés dans le département de la Marne. A l'échelle de la commune de Courcemain, aucune ICPE n'est recensée. La plus proche se situe dans le département de la Marne, il s'agit d'une « **Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné** » localisée sur la commune de Saint-Saturnin, à 3,7 km à l'Ouest du site du projet (sources : georisques.gouv.fr, 2023).

⇒ **Aucun établissement ICPE (hors éolien) n'intègre le périmètre de dangers.**

#### Etablissement ICPE éolien

Aucun parc éolien n'intègre le périmètre d'étude de dangers. Le plus proche est le parc éolien en instruction du Sud Marne (extension), dont l'éolienne la plus proche est située à 3,1 km au nord-est de l'éolienne E1.

À noter qu'en terme de parc éolien déjà construit, le parc riverain le plus proche se situe à 3,8 km à l'ouest de l'éolienne E1. Il s'agit du parc éolien de La Chapelle (Partie 1 : Hauts Moulins).

⇒ **Aucun parc éolien n'intègre le périmètre d'étude de dangers.**

### 3 - 1d Autres activités

**Le périmètre d'étude de dangers recouvre majoritairement des champs où une activité agricole est exercée** (cultures de plateau).

**Un boisement est également présent dans le périmètre sud d'étude de dangers.** Le plus proche est situé à environ 265 m au sud de l'éolienne E4.

Aucune autre activité n'est recensée dans le périmètre d'étude de dangers.

⇒ **Le périmètre d'étude de dangers recouvre principalement des champs sur lesquels une activité agricole est exercée.**

## 3 - 2 Environnement naturel

### 3 - 2a Contexte climatique

Deux natures de climat peuvent être observées au niveau de l'ancienne région Champagne-Ardenne. En effet, la partie est de la Champagne-Ardenne est soumise à un climat continental, tandis que la partie Ouest, dans laquelle se situe le projet, possède un **climat océanique dégradé sous l'influence du climat continental**. Cela explique les hivers frais, les étés doux et les pluies fréquentes mais peu abondantes, réparties tout au long de l'année.

*Remarque* : La station de référence la plus proche est celle de Troyes-Barbère, localisée à environ 38 km au sud du périmètre d'étude de dangers.

#### Température

L'amplitude thermique moyenne entre l'hiver et l'été avoisine les 20°C. Les températures moyennes mensuelles ne chutent pas en-dessous de 0°C l'hiver, et ne dépassent pas en moyenne les 19°C l'été.

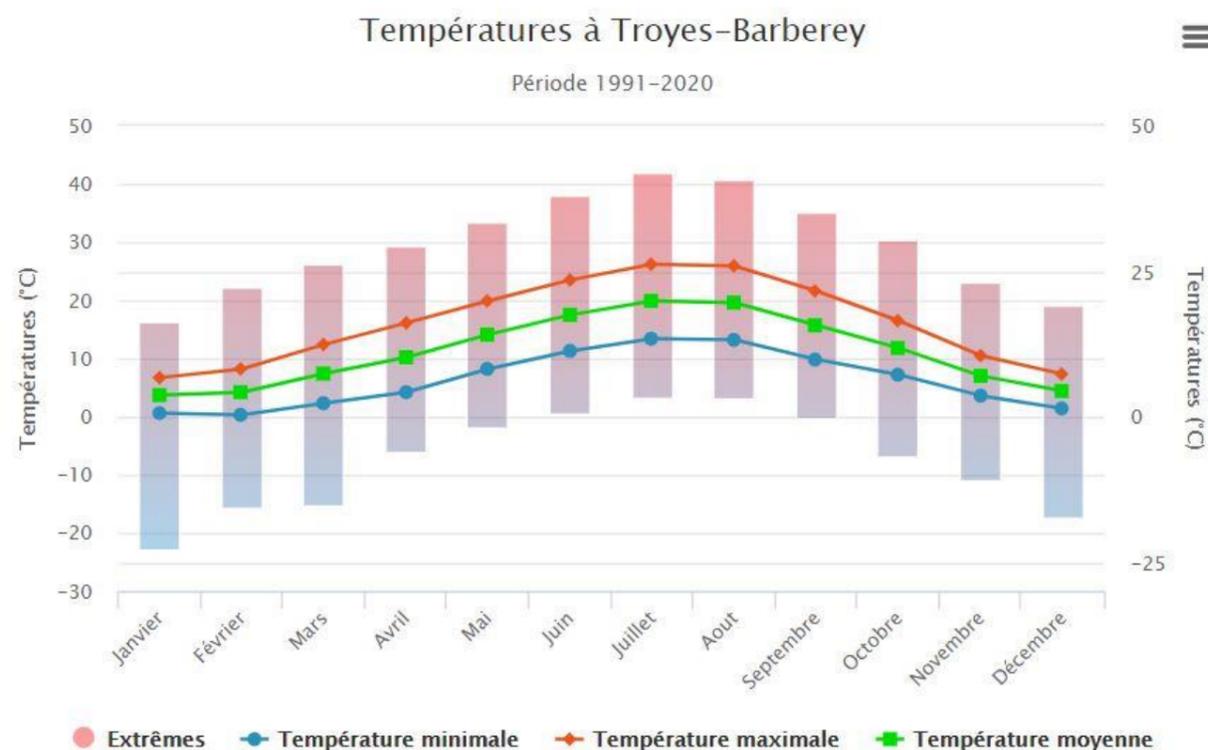


Figure 5 : Illustration des températures de 1991 à 2020 – Station de Troyes-Barbère (source : Infoclimat.fr, 2021)

#### Pluviométrie

Les précipitations sont réparties toute l'année, avec des pics aux mois de mai et d'octobre, le mois de février étant le plus sec. Les précipitations moyennes annuelles mesurées entre 1991 et 2020 sont d'environ 676,1 mm.

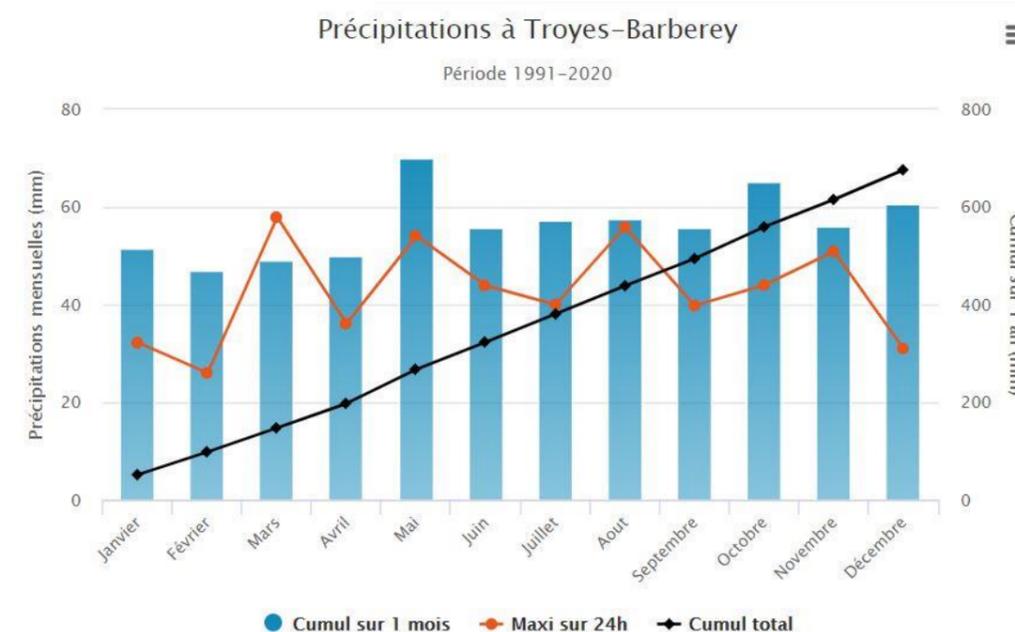


Figure 6 : Illustration des précipitations de 1991 à 2020 – Station de Troyes-Barbère (source : Infoclimat, 2021)

#### Neige, gel

*Remarque* : Les chiffres détaillés dans cette partie proviennent toujours de la station de Troyes-Barbère mais sur la période de 1981-2010 faute de données précises et officielles sur la période 1991-2020.

La ville de Troyes compte 16 jours de neige par an contre 14 jours pour la moyenne nationale. Elle connaît également 70 jours de gel par an, ce qui est très supérieur à la moyenne nationale comprise entre 20 et 40 jours.

Les températures plus faibles du territoire par rapport au reste de la France entraînent une augmentation du nombre de jours de neige et de gel au niveau de la zone d'implantation potentielle.

#### Orage, grêle, brouillard, tempête

*Remarque* : Les chiffres détaillés dans cette partie proviennent toujours de la station de Troyes-Barbère mais sur la période de 1981-2010 faute de données précises et officielles sur la période 1991-2020.

La ville de Troyes compte en moyenne 19 jours d'orage par an. Le climat est faiblement orageux avec une densité de foudroiement (1,8 impact de foudre par an et par km<sup>2</sup>) inférieure à la moyenne nationale (2 impacts de foudre par an et par km<sup>2</sup>). Elle connaît également en moyenne 34 jours de brouillard contre 40 jours par an pour la moyenne nationale.

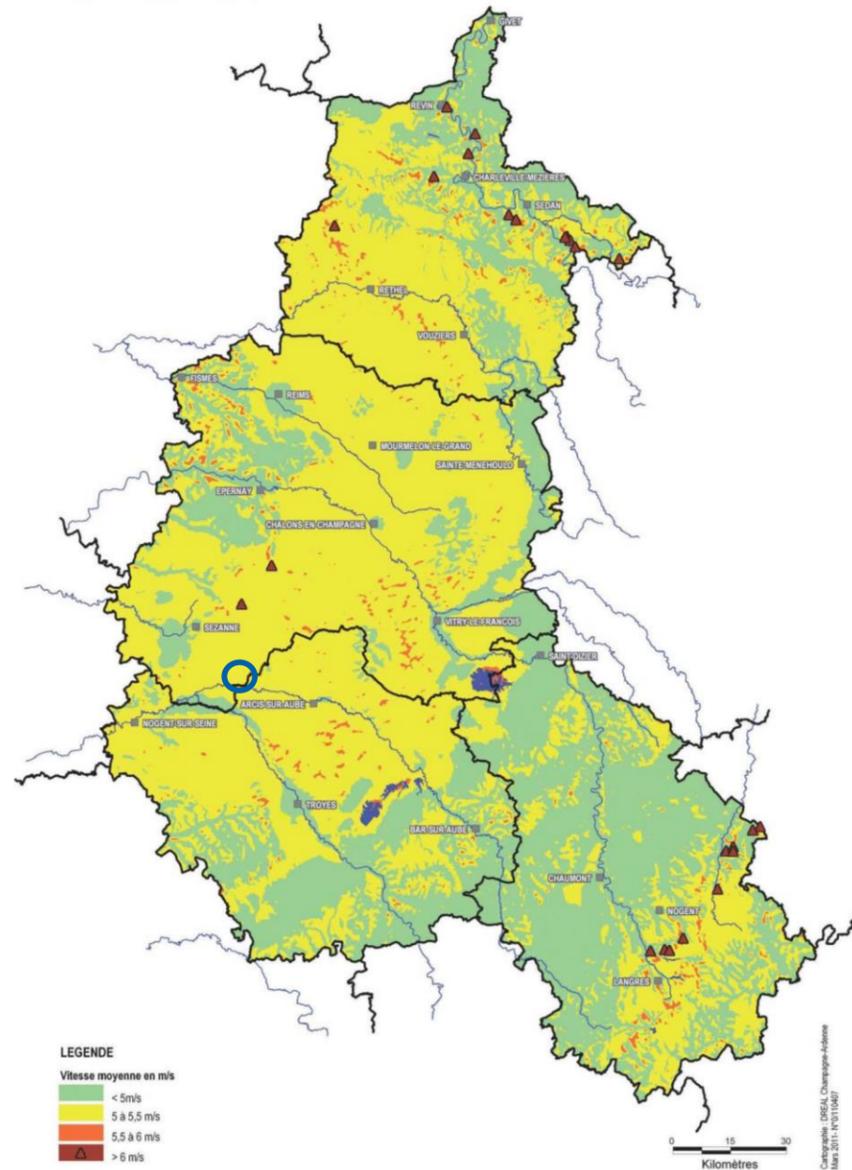
Le vent est dit fort lorsque les rafales dépassent 57 km/h. La ville de Troyes connaît 45 jours par an de vent fort.

#### Ensoleillement

Le secteur d'étude bénéficie d'un ensoleillement inférieur à la moyenne nationale : 1 817 h pour la station de Troyes-Barbère contre 1 973 h pour la moyenne française.

## Vent

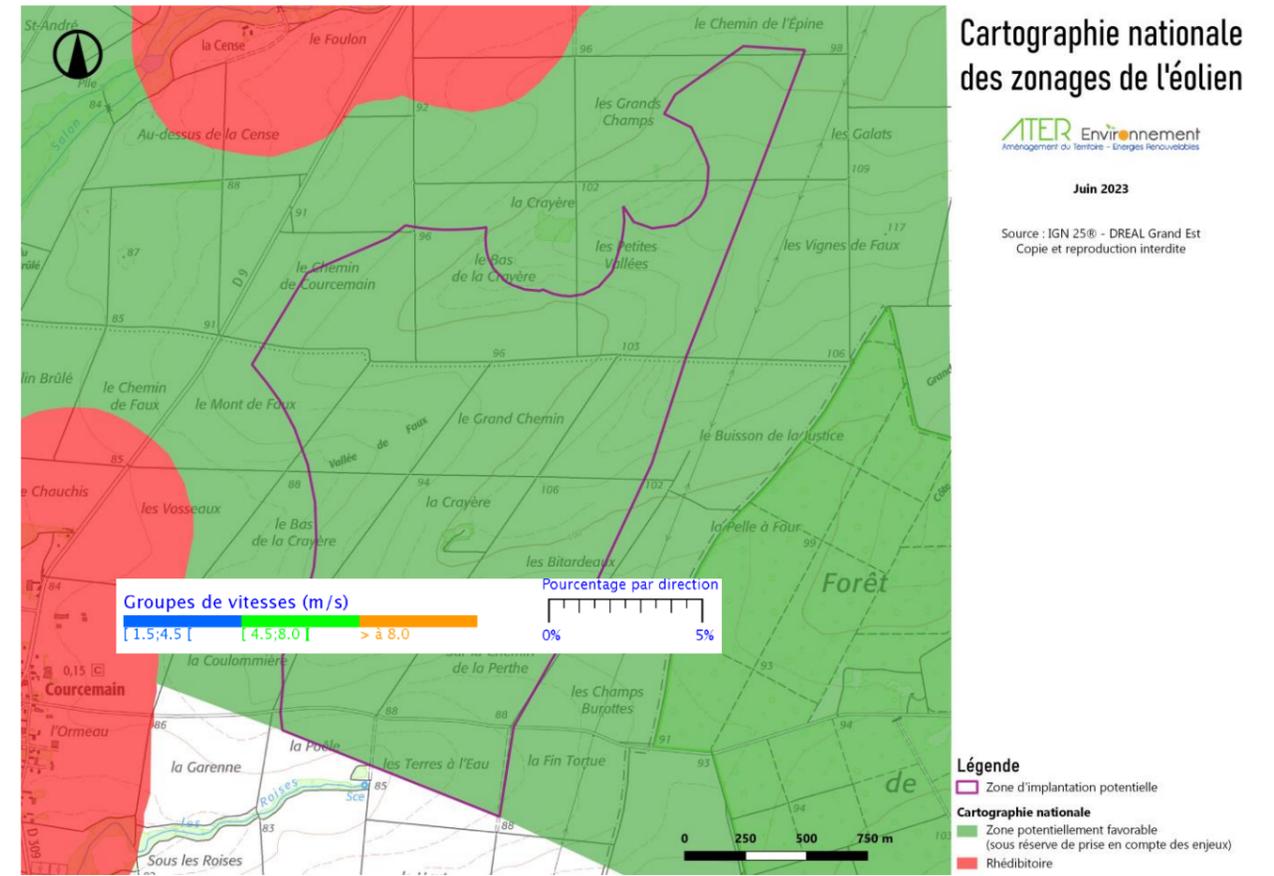
D'après le Schéma Régional Eolien de l'ancienne région Champagne-Ardenne, la zone du projet bénéficie de vents dont la vitesse est comprise entre 5 et 5,5 m/s à 50 m d'altitude.



**Carte 4 : Vitesse des vents dans l'ancienne région Champagne-Ardenne – Cercle bleu : Zone du projet (source : Schéma Régional Eolien, 2012)**

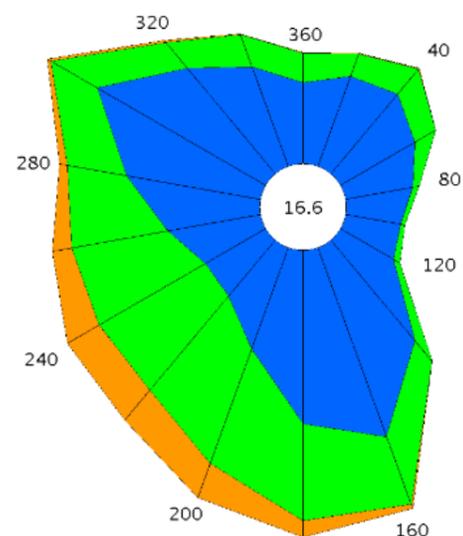
Bien que n'étant plus en vigueur, le SRE reste pertinent étant donné qu'il permet de prendre en compte les enjeux recensés vis-à-vis de l'éolien à l'échelle des anciennes régions.

Conformément à la loi n°2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables, une cartographie des zones de développement nationale doit être réalisée. Chaque région, au travers de leur Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), apporte ses contributions à cette cartographie nationale. La carte suivante illustre la position du projet par rapport à cette cartographie nationale.



**Carte 5 : Position du projet vis-à-vis des zones de développement de l'éolien à l'échelle nationale (source : DREAL Grand Est, 2023)**

La zone du projet se situe en « zone potentiellement favorable (sous réserve de prise en compte des enjeux) ». Comme le rappelle la DREAL Grand Est, « ces zones n'ont aucune valeur juridique ou politique, ne sont que des aides à destination des élus locaux et ne préjugent en rien de la possibilité de développer des projets à d'autres endroits ou de définir des zones d'accélération » (source : <https://macarte.ign.fr/carte/W3Cf8x/Portail-Cartographique-EnR>).



| Dir.      | [ 1.5,4.5 [ | [ 4.5,8.0 [ | > 8.0 m/s | Total |
|-----------|-------------|-------------|-----------|-------|
| 20        | 2.6         | 0.6         | +         | 3.2   |
| 40        | 2.8         | 0.9         | +         | 3.7   |
| 60        | 2.3         | 0.6         | +         | 2.9   |
| 80        | 1.8         | 0.2         | 0.0       | 2.0   |
| 100       | 1.5         | 0.1         | 0.0       | 1.6   |
| 120       | 1.6         | 0.2         | +         | 1.8   |
| 140       | 3.5         | 0.7         | +         | 4.2   |
| 160       | 5.4         | 1.9         | 0.1       | 7.4   |
| 180       | 4.6         | 2.6         | 0.4       | 7.7   |
| 200       | 2.9         | 3.3         | 1.0       | 7.1   |
| 220       | 2.0         | 3.3         | 1.0       | 6.3   |
| 240       | 1.9         | 3.3         | 1.0       | 6.1   |
| 260       | 2.5         | 2.6         | 0.5       | 5.7   |
| 280       | 3.6         | 1.6         | 0.2       | 5.5   |
| 300       | 5.2         | 1.4         | 0.1       | 6.8   |
| 320       | 3.7         | 0.9         | +         | 4.6   |
| 340       | 2.8         | 0.9         | +         | 3.8   |
| 360       | 2.2         | 0.8         | +         | 3.0   |
| Total     | 52.8        | 26.0        | 4.6       | 83.4  |
| [ 0,1.5 [ |             |             |           | 16.6  |

Figure 7 : Fréquence des vents en fonction de leur provenance en % à la station de Troyes-Barbèrey de 2000 à 2009 (source : Météo France, Troyes-Barbèrey, 2017)

La rose des vents de la station de Troyes-Barbèrey est représentative du gisement éolien régional avec des vents provenant principalement du **Sud-Ouest**, ce qui correspond au régime océanique dépressionnaire.

La rose des vents ci-avant permet d'estimer que la vitesse moyenne du vent à la hauteur de moyeu sera **comprise entre 6 et 7 m/s**.

Afin de confirmer et d'affiner le potentiel éolien à l'échelle du secteur d'étude, un mât de mesure du vent a été installé de janvier 2016 à mai 2019. Ce mât de mesure était équipé de plusieurs anémomètres et girouettes, d'une sonde de température, d'un capteur de pression, afin d'évaluer finement le gisement éolien local et préciser les caractéristiques des vents (forces, directions, etc...).

Le gabarit des éoliennes retenues pour ce projet sera adapté aux caractéristiques de vent du site.

- ⇒ **Le périmètre d'étude de dangers est soumis à un climat océanique dégradé.**
- ⇒ **La vitesse des vents et la densité d'énergie observée au niveau du périmètre d'étude de dangers définissent aujourd'hui ce dernier comme moyennement bien venté.**

### 3 - 2b Risques naturels

L'information préventive sur les risques majeurs naturels et technologiques est essentielle, à la fois pour renseigner la population sur ces risques, mais aussi sur les mesures de sauvegarde mises en œuvre par les pouvoirs publics.

Le droit à cette information, institué en France par la loi du 22 juillet 1987 et inscrit à présent dans le Code de l'environnement, a conduit à la rédaction dans le département de la Marne d'un Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) approuvé le 02 septembre 2019.

⇒ **L'arrêté préfectoral de la Marne, en date du 11 mars 2019, fixe la liste des communes concernées par un ou plusieurs risques majeurs. Il indique que les communes de Courcemain et Faux-Fresnay ne sont concernées par aucun risque naturel majeur.**

| Commune      | Inondation  |                             |                             | Mouvement de terrain           |         |                             | Feu de forêt | Séisme                                  | Arrêts de catastrophes naturelles (Nombre) |
|--------------|---|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------|-----------------------------|--------------|---|--|
|              | Type (Débordement de cours d'eau, littoral, de plaine...) | PPRi (Approuvé ou Prescrit) | Autres plans (AZI, PAPI...) | Retrait gonflement des argiles | Cavités | PPRn (Approuvé ou Prescrit) | Sensibilité  | Sensibilité 1 (très faible) à 5 (forte) |  |
| Courcemain   | /   | /                           | /                           | Aléa faible à fort             | /       | /                           | /            | 1                                       | 1  |
| Faux-Fresnay | /   | /                           | /                           | Aléa faible à fort             | 1       | /                           | /            | 1                                       | 1  |

Légende :

Inondation : PPRi : Plan de Prévention des Risques d'inondation ; AZI : Atlas des Zones Inondables ; PAPI : Plan d'Action et de Prévention des Inondations ;

Mouvements de terrain : PPRn : Plan de Prévention des Risques naturels relatif aux mouvements de terrain ;

Tableau 7 : Synthèse des risques naturels identifiés sur les communes du périmètre d'étude de dangers (source : DDRM 51, 2019)

## Inondation

### Définition

Une inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau. On distingue trois types d'inondations :

- La montée lente des eaux par débordement d'un cours d'eau ou remontée de la nappe phréatique ;
- La formation rapide de crues torrentielles consécutives à des averses violentes ;
- Le ruissellement pluvial renforcé par l'imperméabilisation des sols et les pratiques culturales limitant l'infiltration des précipitations.

### Dans le périmètre d'étude de dangers

#### ▪ Inondation par débordement de cours d'eau

D'après le DDRM de la Marne, les communes de Courcemain et Faux-Fresnay ne sont concernées par aucun Plan de Prévention de Risque inondation (PPRI) ou Atlas des Zones Inondables (AZI).

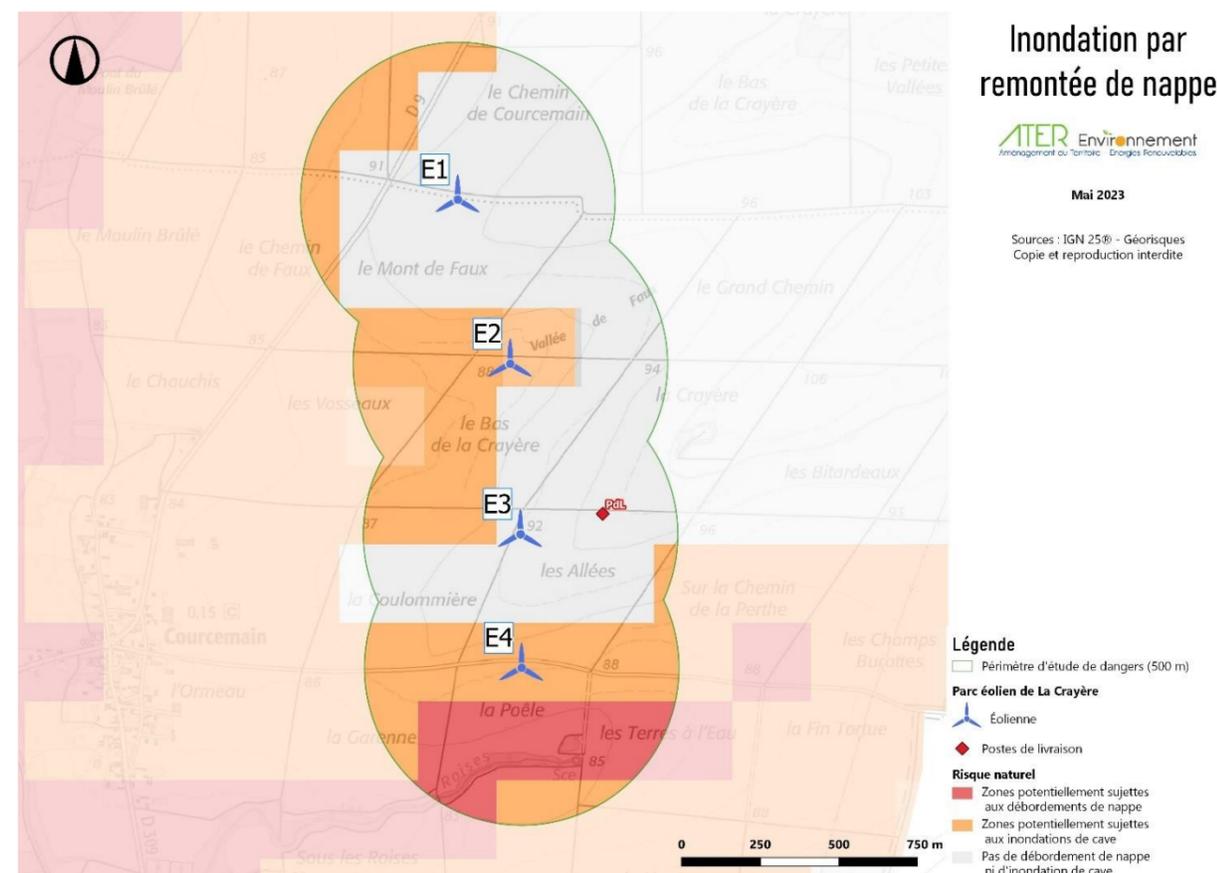
#### ▪ Inondation par remontée de nappe

Suite à la récurrence des phénomènes d'inondations, le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable a confié au Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) la conduite d'une étude localisant les secteurs pouvant être menacés par un risque d'inondation par remontée de nappes, sur le territoire français. Une nouvelle classification des sensibilités aux remontées de nappe a ainsi été construite en 2018 via le croisement des données BSS<sup>1</sup> et ADES, permettant d'identifier le niveau d'eau, via des résultats de modèles hydrodynamiques, les déclarations de catastrophe naturelle et des données altimétriques. Le résultat est une cartographie au **1/100.000<sup>ème</sup> du territoire national**, échelle à laquelle est proposée la carte ci-dessous.

Cette échelle permet d'identifier les zones où il y a de fortes probabilités d'observer des débordements par remontée de nappe. Au regard des incertitudes liées aux côtes altimétriques, il a été décidé de proposer une représentation en trois classes qui sont :

- « **Zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe** » : lorsque la côte du niveau maximal de la nappe est supérieure à la côte altimétrique ;
- « **Zones potentiellement sujettes aux inondations de cave** » : lorsque la différence entre la côte du niveau maximal de la nappe et la côte altimétrique est comprise entre 0 et 5 m ;
- « **Pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave** » : lorsque la différence entre la côte du niveau maximal de la nappe et la côte altimétrique est supérieure à 5 m.

<sup>1</sup> **Données BSS** : données relatives à la banque du sous-sol répertoriant l'ensemble des données sur les ouvrages (forages, sondages, puits et sources) souterrains du territoire.



Carte 6 : Sensibilité du périmètre d'étude de dangers au phénomène d'inondation par remontée de nappe

- ⇒ Le périmètre d'étude de dangers n'est pas soumis au risque d'inondation par débordement de cours d'eau.
- ⇒ Deux des éoliennes du projet de La Crayère sont situées sur des zones sujettes au phénomène d'inondation de cave.

## Mouvements de terrain

### Définition

Les mouvements de terrain regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol et/ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les volumes en jeu peuvent aller de quelques mètres cubes à quelques millions de mètres cubes. Les déplacements peuvent être lents (quelques millimètres par an) ou très rapides (plusieurs centaines de mètres par jour).

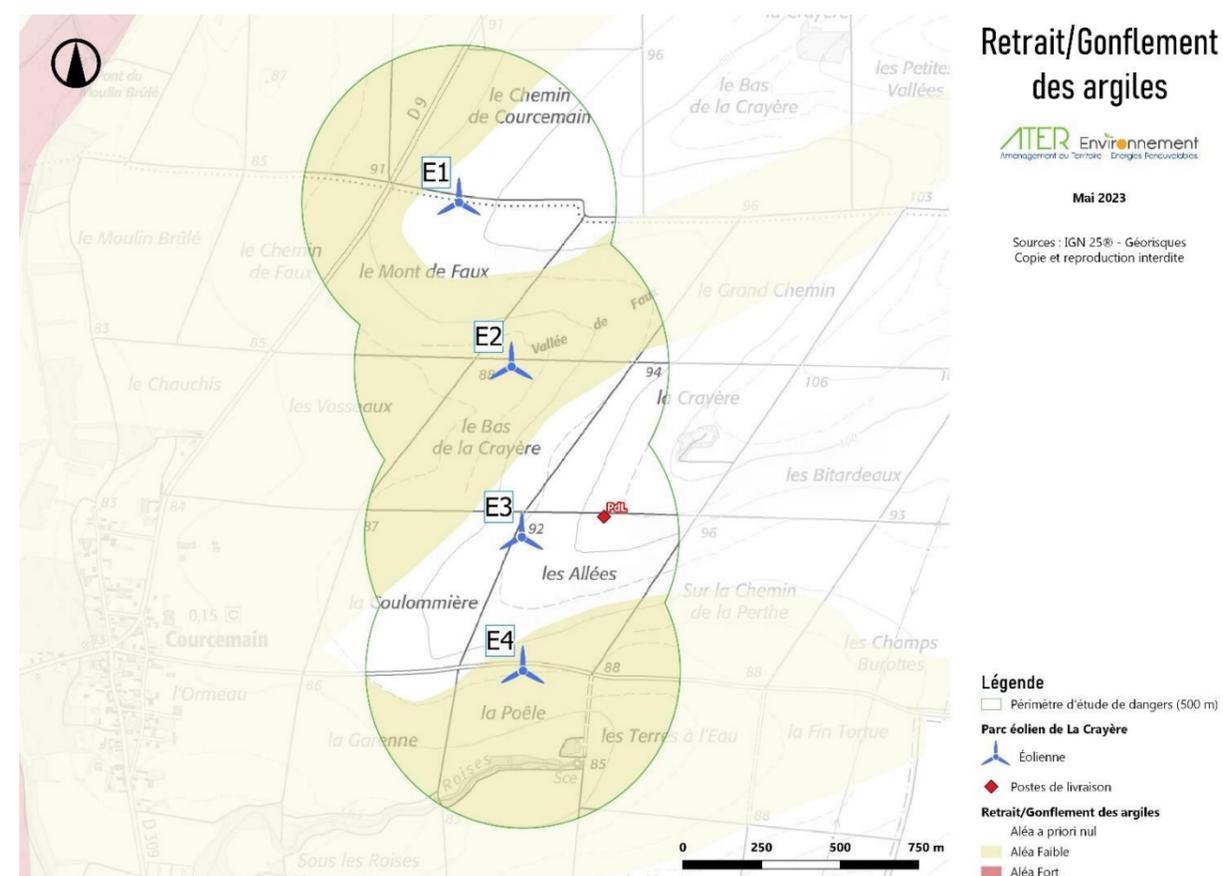
### Dans le périmètre d'étude de dangers

- **Cavités**

Aucune cavité n'est recensée sur les communes du périmètre de dangers.

- **Aléa retrait et gonflement des argiles**

L'aléa lié au retrait-gonflement des argiles varie de « nul » à « faible » au niveau du périmètre d'étude de dangers.



Carte 7 : Aléa retrait-gonflement des argiles

- ⇒ Aucune cavité n'est recensée au niveau du périmètre d'étude de dangers.
- ⇒ Le périmètre d'étude de dangers est soumis à un aléa « nul » à « faible » pour le retrait et le gonflement des argiles. Ce point sera confirmé ou infirmé par la réalisation de sondages préalablement à la phase de travaux.

## Tempête

### Définition

L'atmosphère terrestre est un mélange de gaz et de vapeur d'eau, répartis en couches concentriques autour de la Terre. Trois paramètres principaux caractérisent l'état de l'atmosphère :

- **La pression** : les zones de basses pressions sont appelées **dépressions** et celles où les pressions sont élevées, **anticyclones** ;
- **La température** ;
- **Le taux d'humidité.**

Une tempête correspond à l'évolution d'une perturbation atmosphérique, ou dépression, où se confrontent deux masses d'air aux caractéristiques bien distinctes (température – humidité). Cette confrontation engendre un gradient de pression très élevé, à l'origine de vents violents et/ou de précipitations intenses. On parle de tempêtes pour des vents moyens supérieurs à 89 km/h (degré 10 de l'échelle de Beaufort, qui en comporte 12).

Les tempêtes d'hiver sont fréquentes en Europe, car les océans sont encore chauds et l'air polaire déjà froid. Venant de l'Atlantique, elles traversent généralement la France en trois jours, du Sud-Ouest au Nord-Est, leur vitesse de déplacement étant de l'ordre de 50 km/h.

### Dans le département de la Marne

Selon le DDRM de la Marne, six grandes tempêtes ont touché le département à divers degrés depuis 1990 : le 3 février 1990, le 28 février 1990, le 26 décembre 1999, le 17 décembre 2004, le 8 décembre 2006 et le 28 février 2010. Par ailleurs, d'autres phénomènes météorologiques engendrant des vents forts ont été recensés dans le département. Il s'agit de rafales accompagnant les orages et de tornades. Ainsi, la station anémométrique sur l'aérodrome de Châlons-Vatry a mesuré 121 km/h lors d'un orage le 12 juillet 2010. Plus récemment, une rafale de 102 km/h a été enregistrée à Chouilly le 12 juillet 2011. Depuis l'an 2000, plusieurs tornades ont été observées dans le département de la Marne : Mourmelon-le-Grand en 2000, Pargny-sur-Saulx en 2008, Hermonville en 2011 et Gueux en 2014.

⇒ Le risque de tempête est modéré dans le département de la Marne.

## Risque sismique

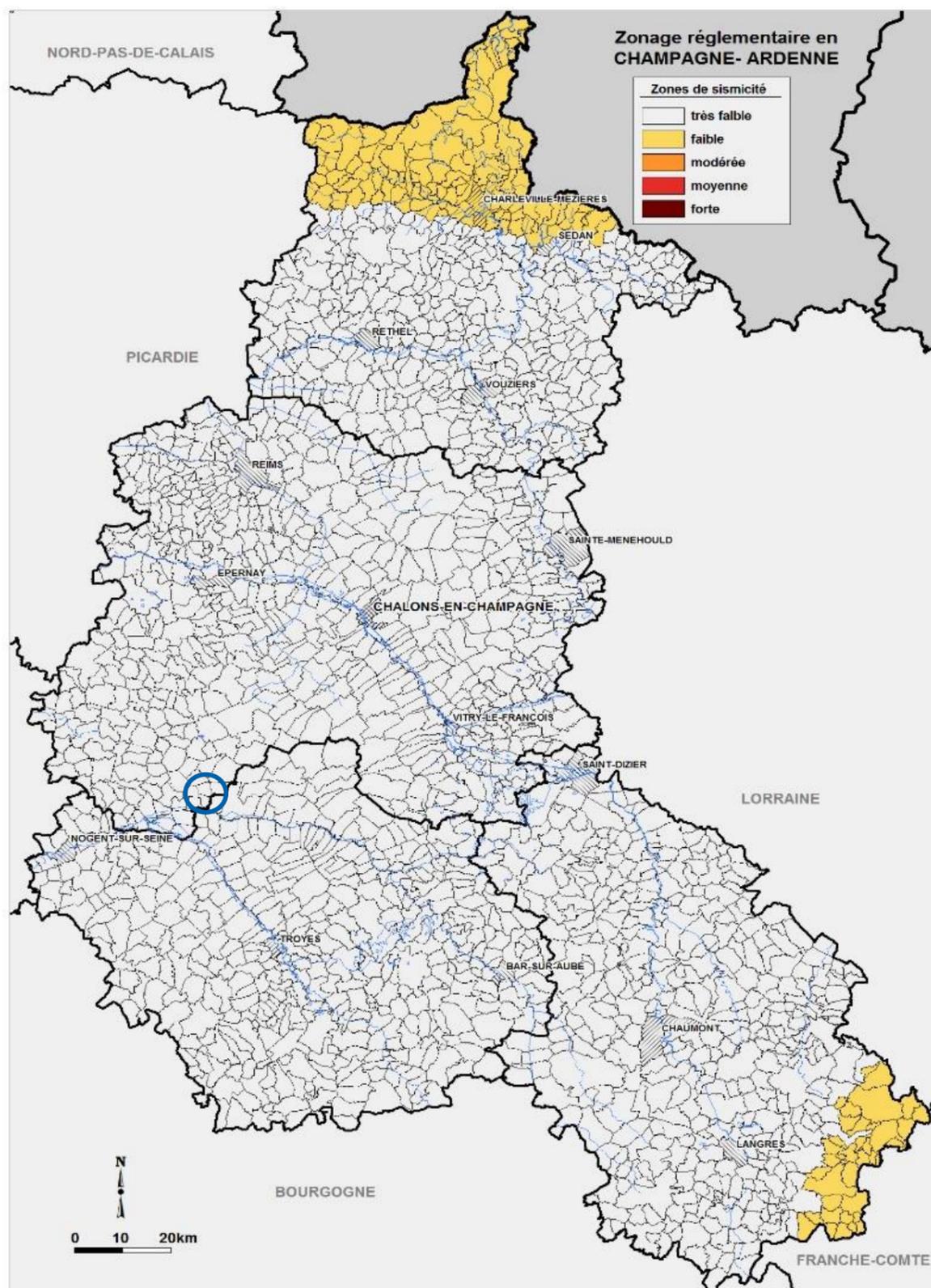
### Définition

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

Le séisme est le risque naturel majeur qui cause le plus de dégâts. Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (source : planseisme.fr).

### Dans le périmètre d'étude de dangers

L'actuel zonage sismique classe les communes du périmètre d'étude de dangers en zone de sismicité 1 (très faible). Ce secteur ne présente pas de prescriptions parasismiques particulières pour les bâtiments à risque normal.



Carte 8 : Zonage sismique de l'ancienne région Champagne-Ardenne – Cercle bleu : Périmètre d'étude de dangers (source : planseisme.fr, 2015)

⇒ Le périmètre d'étude de dangers est soumis à un risque sismique très faible.

## Feux de forêt

### Définition

Les feux de forêts sont des incendies qui se déclarent et se propagent sur une surface d'au moins un demi-hectare de forêt, de lande, de maquis, ou de garrigue. Pour se déclencher et progresser, le feu a besoin des trois conditions suivantes :

- **Une source de chaleur** (flamme, étincelle) : très souvent l'homme est à l'origine des feux de forêts par imprudence (travaux agricoles et forestiers, cigarettes, barbecue, dépôts d'ordures...), accident ou malveillance ;
- **Un apport d'oxygène** : le vent active la combustion ;
- **Un combustible** (végétation) : le risque de feu est lié à différents paramètres : sécheresse, état d'entretien de la forêt, composition des différentes strates de végétation, essences forestières constituant les peuplements, relief, etc.

### Dans le département de la Marne

Le DDRM de la Marne n'identifie pas de risque concernant les incendies de forêt. Il peut donc être considéré comme très faible au niveau du périmètre d'étude de dangers, d'autant plus que celui-ci se situe majoritairement dans des terrains agricoles utilisés pour de la grande culture céréalière.

⇒ Le risque de feux de forêt est très faible.

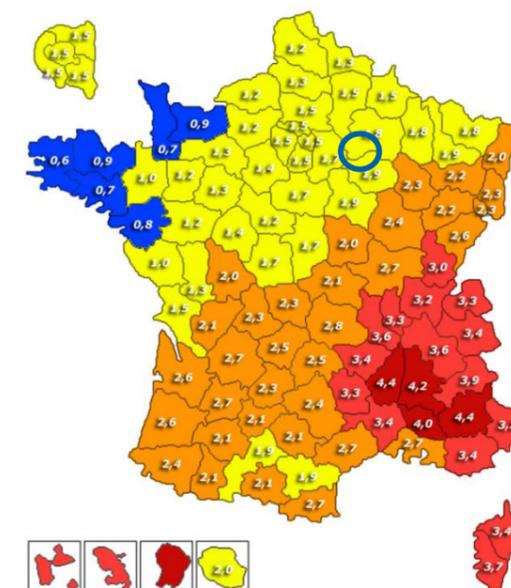
## Foudre

### Définition

Pour définir l'activité orageuse d'un secteur, il est fait référence à la densité de foudroiement, qui correspond au nombre d'impacts de foudre par an et par km<sup>2</sup> dans une région.

### Dans le département de la Marne

Le climat global du département est faiblement orageux : la densité de foudroiement est de 1,8 impact de foudre par an et par km<sup>2</sup>, inférieure à la moyenne nationale de 2,0 impacts de foudre par an et par km<sup>2</sup>.



Carte 9 : Densité de foudroiement – Cercle bleu : Périmètre d'étude de dangers (source : Météo Paris, 2019)

⇒ Le risque de foudre est faible, légèrement inférieur à la moyenne nationale.

## 3 - 3 Environnement matériel

### 3 - 3a Voies de communication

Les seules voies de communication présentes dans le périmètre d'étude de dangers sont des infrastructures routières et ferroviaires, aucune voie navigable n'étant présente.

#### Infrastructures aéronautiques

##### Aviation civile

Par courrier réponse en date du 14 septembre 2015 pour le projet initialement déposé, la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) informe que la zone d'implantation du projet est située dans un secteur à l'aplomb duquel a été instaurée une altitude minimale de secteur destinée à protéger les procédures aux instruments de l'aérodrome de Châlons-Vatry. Cette altitude est fixée à la cote NGF 635. Compte-tenu de la marge de franchissement d'obstacle réglementaire de 300 mètres, la construction d'obstacles artificiels nouveaux est ainsi limitée à la cote NGF 335. Ce point sera pris en compte lors de la détermination des modèles d'éoliennes envisageables pour le site.

##### Aviation militaire

Par courrier réponse en date du 27 octobre 2015 pour le projet initialement déposé, l'Armée de l'Air informe que le projet ne fait l'objet d'aucune prescription locale.

- ⇒ **Aucune servitude liée aux activités de l'aviation militaire n'est recensée au sein du périmètre de dangers.**
- ⇒ **Les contraintes aéronautiques de l'aviation civile ont été prises en compte par la société SAS ELICIO La Crayère.**

#### Infrastructures routières

La gestion du domaine routier est confiée au Conseil Départemental de la Marne.

##### Infrastructures routières présentes dans le périmètre d'étude de dangers

Le périmètre d'étude de dangers recoupe des portions des infrastructures routières suivantes :

- Une route départementale, la RD 09 ;
- Plusieurs chemins ruraux, notés Cr sur la carte des enjeux matériels.

*Remarque : Les chemins ruraux n'ont pas forcément de toponyme propre. Ainsi ils sont identifiés par une numérotation arbitraire sur les cartes suivantes, pour les besoins des calculs de l'étude de dangers. Les infrastructures présentées ont été recensées en se basant sur l'IGN 25, le cadastre des communes étudiées et l'orthophotographie.*

Ci-après sont présentées les distances des éoliennes par rapport aux différentes voies de communication recensées dans le périmètre d'étude de dangers, dans un rayon de 500 m autour de chaque éolienne.

| Numéro de l'éolienne | RD 09 | Chemins ruraux  |
|----------------------|-------|---|
| E1                   | 220 m | 24 m Cr n°2<br>231 m Cr n°1<br>342 m Cr n°3<br>491 m Cr n°4                               |
| E2                   | -     | 25 m Cr n°4<br>108 m Cr n°3<br>306 m Cr n°5<br>459 m Cr n°6<br>462 m Cr n°7               |
| E3                   | -     | 24 m Cr n°7<br>82 m Cr n°6<br>82 m Cr n°5<br>399 m Cr n°8<br>427 m Cr n°9<br>463 m Cr n°3 |
| E4                   | -     | 25 m Cr n°8<br>192 m Cr n°7<br>218 m Cr n°9   |

*Légende : - : Distance supérieure à 500 m*

**Tableau 8 : Distance des éoliennes par rapport aux infrastructures routières, dans un rayon de 500 m autour de chaque éolienne**

##### Définition du trafic

Dans son courrier datant du 08 juillet 2020, la Direction des routes départementales de la Marne précise que le trafic routier de la RD 09 fait état du passage de 216 véhicules par jour. Cette route est non structurante.

*Remarque : En raison de leur taille moins importante, la voie communale, les chemins ruraux et d'exploitation n'ont pas fait l'objet de comptages routiers. Toutefois, d'après la connaissance du terrain, le trafic est estimé largement inférieur aux routes départementales environnantes, soit bien deçà de 2 000 véhicules/jour. Ces infrastructures sont donc non structurantes.*

##### Eloignement des voiries

La Direction des Routes Départementales de la Marne recommande trois distances d'éloignement :

- **Un périmètre immédiat**, égale à la hauteur maximale de l'éolienne, soit 200 m pour les éoliennes, à l'intérieur duquel aucune personne ni aucun bien ne peut être exposé sauf raison professionnelle liée au fonctionnement de l'éolienne et à l'exploitation du terrain ;
- **Un périmètre rapproché**, égal à deux fois la hauteur maximale de l'éolienne, à l'intérieur duquel sont interdites toutes les constructions (sauf celles nécessitées par l'exploitation des éoliennes), ainsi que toutes infrastructures de transports y compris de transport d'énergie (à l'exception de celles desservant les éoliennes). Ce périmètre dans lequel des dérogations devront être appréciées au cas par cas, vise à prévenir les risques liés à la projection de morceaux de pale. Une conception garantissant l'attache certaine des pales au rotor quelles que soient les conditions permettrait de s'affranchir de ce périmètre ;
- **Un périmètre éloigné**, égal à quatre fois la hauteur maximale de l'éolienne, à l'intérieur duquel doit être élaboré une étude de sécurité adaptée prenant en compte tous les scénarios d'accidents y compris celui de la ruine totale de l'éolienne. L'impact sur l'ensemble des activités ou constructions existantes, notamment sur les infrastructures de transports, les établissements recevant du public, les installations classées, les zones d'habitats, etc. devra être évalué.

Située à 220 m à l'est de la route départementale RD 09, l'éolienne E1 se situe dans le périmètre rapproché (soit 400 m suivant les dimensions des modèles pressentis pour le parc éolien de La Crayère).

Pour cette éolienne, la proximité avec cette route départementale devra faire l'objet de dérogations qui devront être appréciées au cas par cas et visant à prévenir les risques liés à la projection de morceaux de pale. « Une conception garantissant l'attache certaine des pales au rotor quelles que soient les conditions permettrait de s'affranchir de ce périmètre ».

Aucune préconisation particulière d'éloignement aux voiries n'est formulée pour les voies communales et les chemins ruraux.

- ⇒ Une route départementale ainsi que plusieurs chemins ruraux intègrent le périmètre d'étude de dangers.
- ⇒ Selon les préconisations de la Direction des Routes Départementales de la Marne, l'éolienne E1 se situe dans le périmètre rapproché vis-à-vis de la route départementale 09.

#### Infrastructure ferroviaire

- ⇒ Aucune infrastructure ferroviaire n'intersecte le périmètre de l'étude de dangers.

#### Chemins de Randonnée

- ⇒ Aucun chemin de randonnée ne sillonne le périmètre d'étude de dangers.

### 3 - 3b Réseaux publics et privés

#### Risque de Transport de Matières Dangereuses (TMD) et canalisation de gaz

Le risque de transport de matières dangereuses, ou risque TMD, est consécutif à un accident se produisant lors du transport de marchandises par voie routière, ferroviaire, voie d'eau ou canalisations.

D'après le DDRM de la Marne, les communes de Courcemain et Faux-Fresnay ne sont pas concernées spécifiquement par un risque lié au transport de marchandises dangereuses. Cependant, le DDRM de la Marne précise que compte tenu de la diversité des produits transportés et des destinations, un accident lié au transport de marchandises dangereuses par voie routière peut survenir pratiquement n'importe où dans le département. Cependant, certains axes présentent une potentialité plus forte du fait de l'importance du trafic. Sur les communes de Courcemain et Faux-Fresnay, aucun risque TMD spécifique n'est identifié sur un axe de transport en particulier.

- ⇒ Le périmètre d'étude de dangers n'est pas concerné par un risque lié au transport de matières dangereuses.

#### Faisceau hertzien

- ⇒ Aucun faisceau hertzien n'intercepte le périmètre de l'étude de dangers.

#### Infrastructures électriques

- ⇒ Aucune ligne électrique n'intercepte le périmètre de l'étude de dangers.

#### Captage d'alimentation en eau potable

Un captage d'eau potable, situé à 1,4 km à l'est de l'éolienne E4, possède un périmètre de protection éloignée qui intercepte le périmètre d'étude de dangers. Celui-ci se situe, au plus proche, à 226 m de l'éolienne E4.

- ⇒ Un périmètre de protection éloigné d'un captage intègre le périmètre d'étude de dangers. Celui-ci se situe à 226 m de l'éolienne E4.

#### Radar Météo France

Le projet de parc éolien de La Crayère est situé au-delà de la distance minimale d'éloignement fixée par l'arrêté du 26 août 2018 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie éolienne.

- ⇒ Aucune contrainte réglementaire spécifique ne pèse sur le projet éolien de La Crayère au regard des radars météorologiques.

### 3 - 3c Patrimoine historique et culturel

#### Monument historique

- ⇒ Aucun monument historique ni périmètre de protection réglementaire associé ne recoupe le périmètre d'étude de dangers.

#### Archéologie

Conformément aux dispositions du Code du Patrimoine, notamment son livre V, le service Régional de l'Archéologie pourra être amené à prescrire, lors de l'instruction du dossier, une opération de diagnostic archéologique visant à détecter tout élément du patrimoine archéologique qui se trouverait dans l'emprise des travaux projetés.

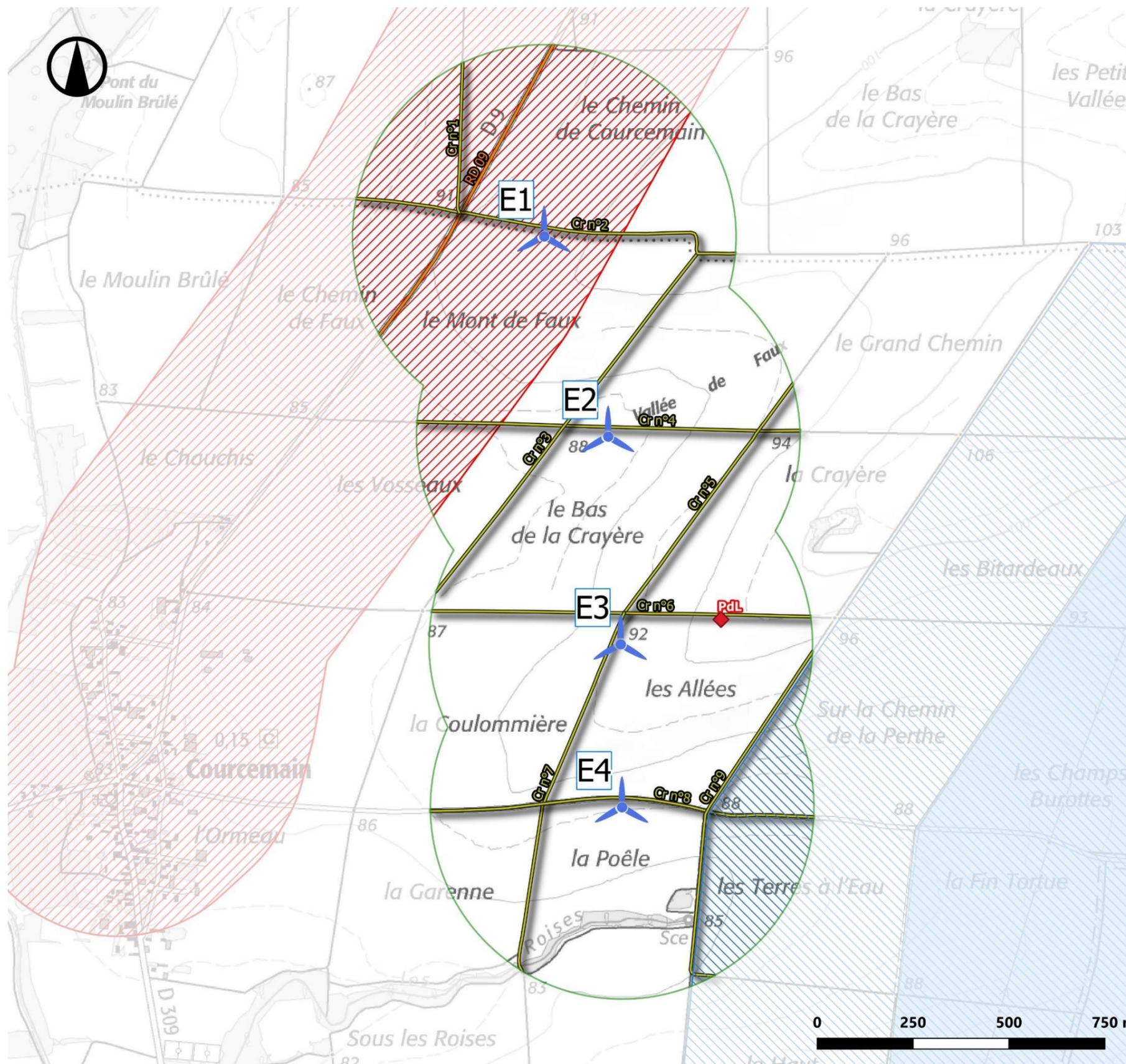
- ⇒ Le projet éolien de La Crayère respectera les dispositions du Code du Patrimoine.

# Enjeux matériels



Mai 2023

Sources : IGN 25® - ARS Grand-Est - Direction des Routes Départementales de la Marne  
Copie et reproduction interdite



## Légende

- Périmètre d'étude de dangers (500 m)
- Parc éolien de La Crayère**
  - Éolienne
  - Postes de livraison
- Voies de communication**
  - Chemin rural
  - Route départementale
  - Périmètre d'éloignement rapproché (400 m)
- Voirie**
  - Chemin rural
  - Route départementale
- Aire d'alimentation de captage**
  - Périmètre de protection éloignée
  - Périmètre de protection rapprochée

### 3 - 4 Cartographie de synthèse

En conclusion de ce chapitre, une cartographie de synthèse permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans le périmètre d'étude de dangers. Les différents périmètres d'étude (zone de surplomb, d'effondrement, de projection de glace et de pale) correspondent aux différents scénarios de risques développés dans le chapitre 8.

#### 3 - 4a Définitions des périmètres d'étude

Selon les risques encourus, différents périmètres d'étude (ou zone d'effet) ont été identifiés :

- **Zone de surplomb (0 – 81 m)** : elle correspond à la zone de risque de chute d'éléments provenant de la machine ou de chute de glace, par action de la gravité. Le rayon maximal de rotor de 81 m est donc retenu comme rayon de cette zone autour de chaque éolienne afin d'étudier le cas le plus défavorable.

La surface au sol potentiellement impactée par une chute d'éléments est maximisée en considérant la chute d'une pale entière. Elle est donc définie par la formule :

$$\text{Rayon rotor} \times \text{diamètre base pale} / 2$$

**La surface au sol potentiellement impactée par une chute d'éléments est de 174 m<sup>2</sup> pour le modèle SG 155 maximisant ;**

- **Zone d'effondrement (0 – 200 m)** : aussi appelée zone de ruine de machine, elle correspond à la zone où l'éolienne peut tomber au sol, soit une zone de rayon correspondant à la hauteur totale de l'éolienne (200 m au maximum pour le présent projet).

La surface au sol potentiellement impactée par l'effondrement de la machine est définie par la formule suivante :

$$(\text{Hauteur moyen} \times \text{diamètre base mât}) + (3 \times \text{rayon rotor} \times \text{diamètre base pale} / 2)$$

**La surface maximale d'impact de l'effondrement est donc de 1 379 m<sup>2</sup> (modèle E160 maximisant).**

- **Zone de projection de glace (0 – 421,5 m)** : elle correspond à la zone où des morceaux de glace, généralement formés sur les pales, peuvent être projetés lors de la mise en route de la machine et pendant son fonctionnement. Ce périmètre est défini selon la formule suivante :

$$1,5 \times (\text{hauteur au moyen} + \text{diamètre du rotor})$$

**Le rayon maximal de projection de glace est donc de 421,5 m (modèle V162 maximisant).**

- **Zone de projection de pale (0 – 500 m)** : elle correspond à la zone où des morceaux de pale, dans le cas d'une fracture de cette dernière, peuvent être projetés. Cette zone a été définie par le SER/FEE/INERIS dans sa trame type (2012) comme étant limitée à **500 m du mât de la machine**.

### 3 - 4b Les enjeux humains

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.

#### Terrains non bâtis – terrains non aménagés très peu fréquentés

En s'appuyant sur la circulaire du 10 mai 2010, pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) la formule suivante est utilisée : 1 personne par tranche de 100 ha, afin de calculer le nombre d'individus présents sur ces terrains.

Pour chaque éolienne, la superficie de ces terrains non bâtis a été calculée à partir de la formule suivante :

$$Z_E = \pi \times R^2$$

*Remarque* :  $Z_E$  correspond à la zone d'effet du risque identifié (voir paragraphe 8.2).

|                           | Zone de surplomb | Zone d'effondrement | Zone de projection de glace | Intégralité du périmètre |
|---------------------------|------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|
| <b>Rayon (m)</b>          | 81               | 200                 | 421,5                       | 500                      |
| <b>Superficie (ha)</b>    | 2,06             | 12,57               | 55,81                       | 78,54                    |
| <b>Nombre d'individus</b> | 0,03 personne    | 0,13 personne       | 0,56 personne               | 0,79 personne            |

*Tableau 9 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non aménagés très peu fréquentés*

#### Infrastructures routières non structurantes – terrains aménagés peu fréquentés

Selon le guide de l'INERIS, sont considérés comme terrains aménagés mais peu fréquentés, les voies de circulation non structurantes (< 2 000 véhicules par jour). Pour rappel, les terrains non aménagés et très peu fréquentés correspondent aux terrains non bâtis à savoir les champs, prairies, forêts, friches, marais, etc.

En s'appuyant sur la circulaire du 10 mai 2010, pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, jardins et zones horticoles, vignes, zones de pêche, gares de triage, etc.) la formule suivante est utilisée : 1 personne par tranche de 10 ha, afin de calculer le nombre d'individus présent sur ces terrains.

Les tableaux suivants comptabilisent le nombre de personnes impactées par éolienne par zone d'effet des risques identifiés. Pour les calculs de surface impactée, on considère une largeur d'infrastructure de 5 m pour les chemins ruraux, de 10 m pour les voies communales et de 15 m pour les routes départementales.

| Nom de la voie de circulation | Périmètre concerné          | Longueur de l'infrastructure (mètres) | Surface en ha | Nombre d'individus exposés |
|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------|----------------------------|
|                               |                             |                                       |               | 1 personne / 10 ha         |
| <b>Eolienne E1</b>            |                             |                                       |               |                            |
| <b>Cr n°1</b>                 | Zone de surplomb            |                                       | 0,00          | 0,00                       |
|                               | Zone d'effondrement         |                                       | 0,00          | 0,00                       |
|                               | Zone de projection de glace | 300                                   | 0,15          | 0,02                       |
|                               | Zone de projection de pale  | 391                                   | 0,20          | 0,02                       |
| <b>Cr n°2</b>                 | Zone de surplomb            | 154                                   | 0,08          | 0,01                       |
|                               | Zone d'effondrement         | 395                                   | 0,20          | 0,02                       |
|                               | Zone de projection de glace | 883                                   | 0,44          | 0,05                       |
|                               | Zone de projection de pale  | 1041                                  | 0,52          | 0,06                       |
| <b>Cr n°3</b>                 | Zone de surplomb            |                                       | 0,00          | 0,00                       |

|                    |                             |     |      |      |
|--------------------|-----------------------------|-----|------|------|
|                    | Zone d'effondrement         |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone de projection de glace | 453 | 0,23 | 0,03 |
|                    | Zone de projection de pale  | 573 | 0,29 | 0,03 |
| Cr n°4             | Zone de surplomb            |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone d'effondrement         |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone de projection de glace |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone de projection de pale  | 187 | 0,09 | 0,01 |
| RD 09              | Zone de surplomb            |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone d'effondrement         |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone de projection de glace | 707 | 1,06 | 0,11 |
|                    | Zone de projection de pale  | 882 | 1,32 | 0,14 |
| <b>Eolienne E2</b> |                             |     |      |      |
| Cr n°3             | Zone de surplomb            |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone d'effondrement         | 338 | 0,17 | 0,02 |
|                    | Zone de projection de glace | 815 | 0,41 | 0,05 |
|                    | Zone de projection de pale  | 977 | 0,49 | 0,05 |
| Cr n°4             | Zone de surplomb            | 154 | 0,08 | 0,01 |
|                    | Zone d'effondrement         | 397 | 0,20 | 0,02 |
|                    | Zone de projection de glace | 841 | 0,42 | 0,05 |
|                    | Zone de projection de pale  | 999 | 0,50 | 0,05 |
| Cr n°5             | Zone de surplomb            |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone d'effondrement         |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone de projection de glace | 580 | 0,29 | 0,03 |
|                    | Zone de projection de pale  | 741 | 0,37 | 0,04 |
| Cr n°6             | Zone de surplomb            |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone d'effondrement         |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone de projection de glace |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone de projection de pale  | 395 | 0,20 | 0,02 |
| Cr n°7             | Zone de surplomb            |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone d'effondrement         |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone de projection de glace |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone de projection de pale  | 43  | 0,02 | 0,01 |
| <b>Eolienne E3</b> |                             |     |      |      |
| Cr n°3             | Zone de surplomb            |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone d'effondrement         |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone de projection de glace |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone de projection de pale  | 372 | 0,19 | 0,02 |
| Cr n°5             | Zone de surplomb            |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone d'effondrement         | 125 | 0,06 | 0,01 |
|                    | Zone de projection de glace | 348 | 0,17 | 0,02 |
|                    | Zone de projection de pale  | 427 | 0,21 | 0,03 |
| Cr n°6             | Zone de surplomb            |     | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone d'effondrement         | 365 | 0,18 | 0,02 |
|                    | Zone de projection de glace | 827 | 0,41 | 0,05 |
|                    | Zone de projection de pale  | 987 | 0,49 | 0,05 |
| Cr n°7             | Zone de surplomb            | 155 | 0,08 | 0,01 |

|                    |                             |      |      |      |
|--------------------|-----------------------------|------|------|------|
|                    | Zone d'effondrement         | 277  | 0,14 | 0,02 |
|                    | Zone de projection de glace | 499  | 0,25 | 0,03 |
|                    | Zone de projection de pale  | 579  | 0,29 | 0,03 |
| Cr n°8             | Zone de surplomb            |      | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone d'effondrement         |      | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone de projection de glace | 218  | 0,11 | 0,02 |
|                    | Zone de projection de pale  | 512  | 0,26 | 0,03 |
| Cr n°9             | Zone de surplomb            |      | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone d'effondrement         |      | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone de projection de glace |      | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone de projection de pale  | 513  | 0,26 | 0,03 |
| <b>Eolienne E4</b> |                             |      |      |      |
| Cr n°7             | Zone de surplomb            |      | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone d'effondrement         | 109  | 0,05 | 0,01 |
|                    | Zone de projection de glace | 792  | 0,40 | 0,04 |
|                    | Zone de projection de pale  | 976  | 0,49 | 0,05 |
| Cr n°8             | Zone de surplomb            | 157  | 0,08 | 0,01 |
|                    | Zone d'effondrement         | 403  | 0,20 | 0,03 |
|                    | Zone de projection de glace | 848  | 0,42 | 0,05 |
|                    | Zone de projection de pale  | 1005 | 0,50 | 0,06 |
| Cr n°9             | Zone de surplomb            |      | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone d'effondrement         |      | 0,00 | 0,00 |
|                    | Zone de projection de glace | 635  | 0,32 | 0,04 |
|                    | Zone de projection de pale  | 832  | 0,42 | 0,05 |

Tableau 10 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés

### Infrastructures routières structurantes

Aucune infrastructure routière structurante n'est présente au sein du périmètre de dangers.

### Etablissements recevant du public (ERP)

Aucun établissement recevant du public n'est intégré dans le périmètre d'étude de dangers.

### Chemins de randonnée

Pour les chemins de promenade et de randonnée, la circulaire du 10 mai 2010 indique de compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne. Bien qu'aucun chemin de randonnée ne soit recensé, les chemins d'exploitation peuvent être empruntés par des promeneurs. Or, malgré l'absence de données actuelles, nous pouvons confirmer, de par la connaissance du site, que la fréquentation des chemins de randonnée traversant le périmètre d'étude de dangers est plutôt en moyenne de l'ordre de 10 personnes par jour maximum.

**Ainsi, ces personnes sont incluses dans la catégorie « terrains non bâtis aménagés mais peu fréquentés ».**

## Synthèse des risques

Ci-dessous se trouvent les tableaux récapitulatifs des différents enjeux humains totaux, cumulant les enjeux humains relatifs aux terrains non aménagés et aménagés, par périmètre d'étude (ou zone d'effet) et par éolienne.

### Zone de surplomb

| Eolienne                | Ensemble homogène                            | Superficie exposée (ha ou km) | Règle de calcul | Enjeux humains | Enjeux humains totaux |
|-------------------------|--|-------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| <b>Zone de surplomb</b> |  |                               |                 |                |                       |
| E1                      | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 1,98                          | 1 pers / 100 ha | 0,02           | 0,03                  |
|                         | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 0,08                          | 1 pers / 10 ha  | 0,01           |                       |
| E2                      | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 1,98                          | 1 pers / 100 ha | 0,02           | 0,03                  |
|                         | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 0,08                          | 1 pers / 10 ha  | 0,01           |                       |
| E3                      | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 1,98                          | 1 pers / 100 ha | 0,02           | 0,03                  |
|                         | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 0,08                          | 1 pers / 10 ha  | 0,01           |                       |
| E4                      | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 1,98                          | 1 pers / 100 ha | 0,02           | 0,03                  |
|                         | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 0,08                          | 1 pers / 10 ha  | 0,01           |                       |

Tableau 11 : Récapitulatif des enjeux humains au niveau de la zone de surplomb

### Zone d'effondrement

| Eolienne                   | Ensemble homogène                            | Superficie exposée (ha ou km) | Règle de calcul | Enjeux humains | Enjeux humains totaux |
|----------------------------|--|-------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| <b>Zone d'effondrement</b> |  |                               |                 |                |                       |
| E1                         | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 12,37                         | 1 pers / 100 ha | 0,13           | 0,15                  |
|                            | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 0,20                          | 1 pers / 10 ha  | 0,02           |                       |
| E2                         | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 12,20                         | 1 pers / 100 ha | 0,13           | 0,17                  |
|                            | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 0,37                          | 1 pers / 10 ha  | 0,04           |                       |
| E3                         | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 12,18                         | 1 pers / 100 ha | 0,13           | 0,17                  |
|                            | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 0,38                          | 1 pers / 10 ha  | 0,04           |                       |
| E4                         | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 12,31                         | 1 pers / 100 ha | 0,13           | 0,16                  |
|                            | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 0,26                          | 1 pers / 10 ha  | 0,03           |                       |

Tableau 12 : Récapitulatif des enjeux humains au niveau de la zone d'effondrement

Zone de projection de glace

| Eolienne                    | Ensemble homogène                            | Superficie exposée (ha ou km) | Règle de calcul | Enjeux humains | Enjeux humains totaux |
|-----------------------------|--|-------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| Zone de projection de glace |  |                               |                 |                |                       |
| E1                          | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 53,94                         | 1 pers / 100 ha | 0,54           | 0,73                  |
|                             | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 1,88                          | 1 pers / 10 ha  | 0,19           |                       |
| E2                          | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 54,70                         | 1 pers / 100 ha | 0,55           | 0,67                  |
|                             | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 1,12                          | 1 pers / 10 ha  | 0,12           |                       |
| E3                          | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 54,87                         | 1 pers / 100 ha | 0,55           | 0,65                  |
|                             | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 0,95                          | 1 pers / 10 ha  | 0,10           |                       |
| E4                          | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 54,68                         | 1 pers / 100 ha | 0,55           | 0,67                  |
|                             | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 1,14                          | 1 pers / 10 ha  | 0,12           |                       |

Tableau 13 : Récapitulatif des enjeux humains au niveau de la zone de projection de glace

Zone de projection de pale

| Eolienne                   | Ensemble homogène                            | Superficie exposée (ha ou km) | Règle de calcul | Enjeux humains | Enjeux humains totaux |
|----------------------------|--|-------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| Zone de projection de pale |  |                               |                 |                |                       |
| E1                         | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 76,12                         | 1 pers / 100 ha | 0,77           | 1,02                  |
|                            | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 2,42                          | 1 pers / 10 ha  | 0,25           |                       |
| E2                         | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 76,96                         | 1 pers / 100 ha | 0,77           | 0,93                  |
|                            | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 1,58                          | 1 pers / 10 ha  | 0,16           |                       |
| E3                         | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 76,84                         | 1 pers / 100 ha | 0,77           | 0,94                  |
|                            | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 1,70                          | 1 pers / 10 ha  | 0,17           |                       |
| E4                         | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 77,13                         | 1 pers / 100 ha | 0,78           | 0,93                  |
|                            | Terrains aménagés mais peu fréquentés        | 1,41                          | 1 pers / 10 ha  | 0,15           |                       |

Tableau 14 : Récapitulatif des enjeux humains au niveau de la zone de projection de pale

### 3 - 4c Les enjeux matériels

---

Outre l'installation en elle-même, les principaux enjeux matériels résident dans les infrastructures routières non structurantes.

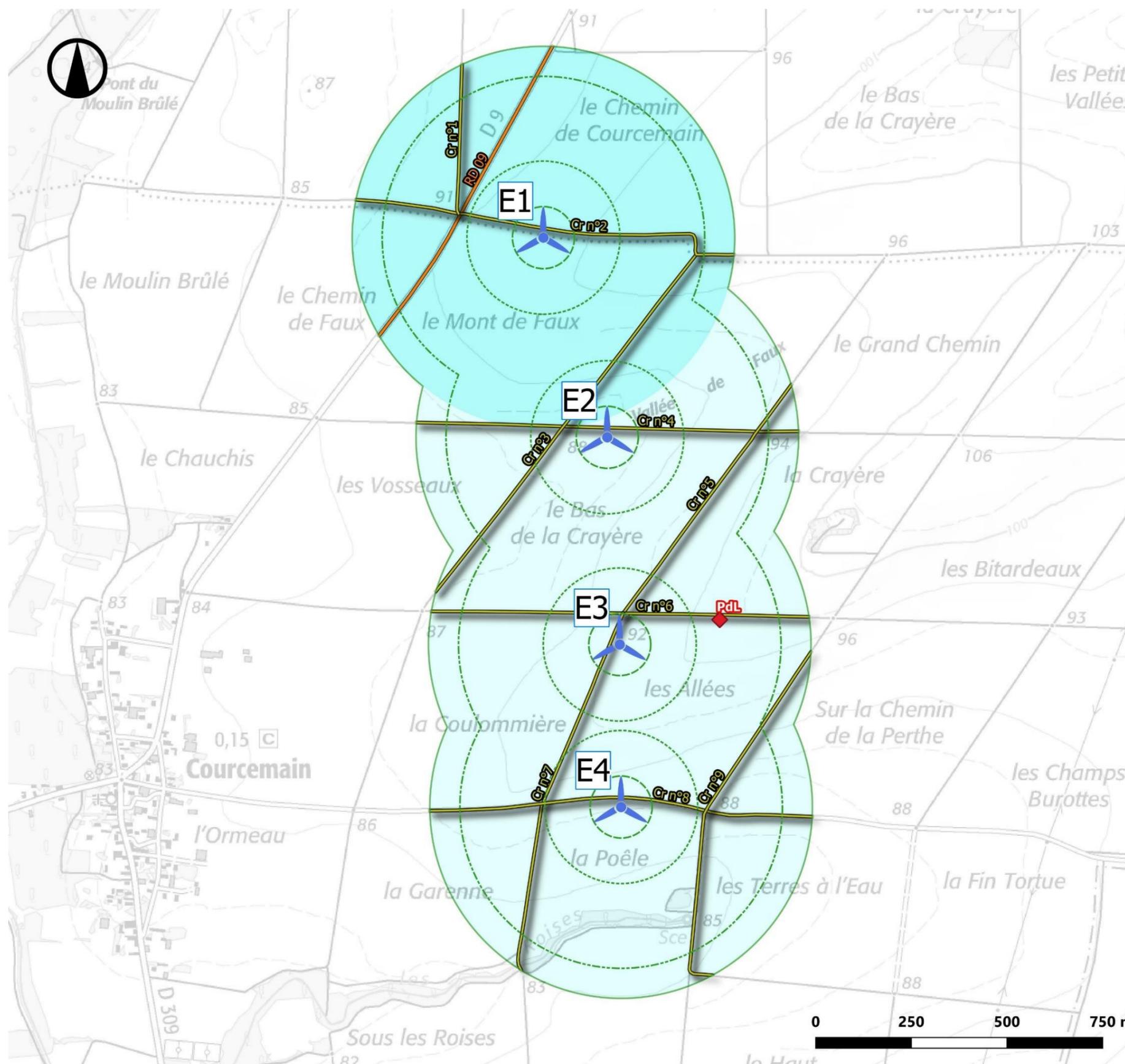
*Remarque : Afin de faciliter la lecture de la carte « Enjeux humains et matériels », les différents périmètres de protection et les limites communales ne seront pas affichés. Pour toute précision relative à ces thématiques, le lecteur est invité à se référer au chapitre 3-3 « Environnement matériel ».*

# Enjeux humains et matériels

**ATER** Environnement  
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Mai 2023

Sources : IGN 25® - ARS Grand-Est - Direction des Routes Départementales de la Marne  
Copie et reproduction interdite



## Légende

### Parc éolien de La Crayère



Éolienne

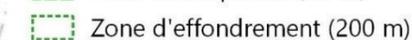


Postes de livraison

### Scenarii



Zone de surplomb (81 m)



Zone d'effondrement (200 m)



Zone de projection de glace (421,5 m)

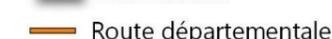


Périmètre d'étude de dangers (500 m)

### Voirie



Chemin rural

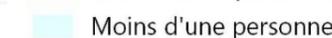


Route départementale

### Exposition humaine



Entre 1 et 10 personnes



Moins d'une personne

Carte 11 : Enjeux humains et matériels dans le périmètre d'étude de dangers



## 4 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement, afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elle représente (chapitre 5), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

### 4 - 1 Caractéristiques de l'installation

#### 4 - 1a Caractéristiques générales d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité fonctionnant à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe 4.3a) :

- 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 une ou plusieurs structure(s) de livraison. Chaque structure est composée d'un poste de livraison électrique. Ce réseau est appelé « réseau inter-éolien » ;
- Une ou plusieurs structures de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers d'un ou plusieurs postes sources locaux (point d'injection de l'électricité sur le réseau public) ;
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au poste de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité) ;
- 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.

#### Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 10 décembre 2021 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 5 tronçons en acier ou de 15 à 20 anneaux de béton surmontés d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne pour le transport de l'énergie sur le 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.

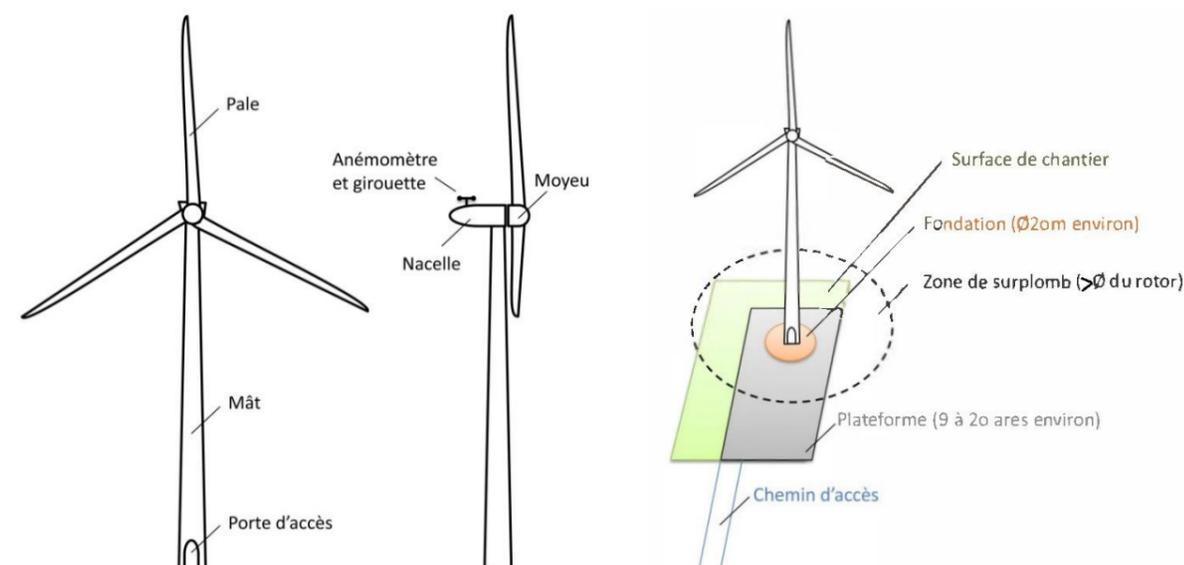


Figure 8 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) - Illustration des emprises au sol d'une éolienne (à droite) (Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale) (source : Guide de l'INERIS, mai 2012)

#### 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° 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.

#### Chemins d'accès

Des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de construction du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc 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 constitutifs des éoliennes et de leurs annexes.

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

#### Autres installations

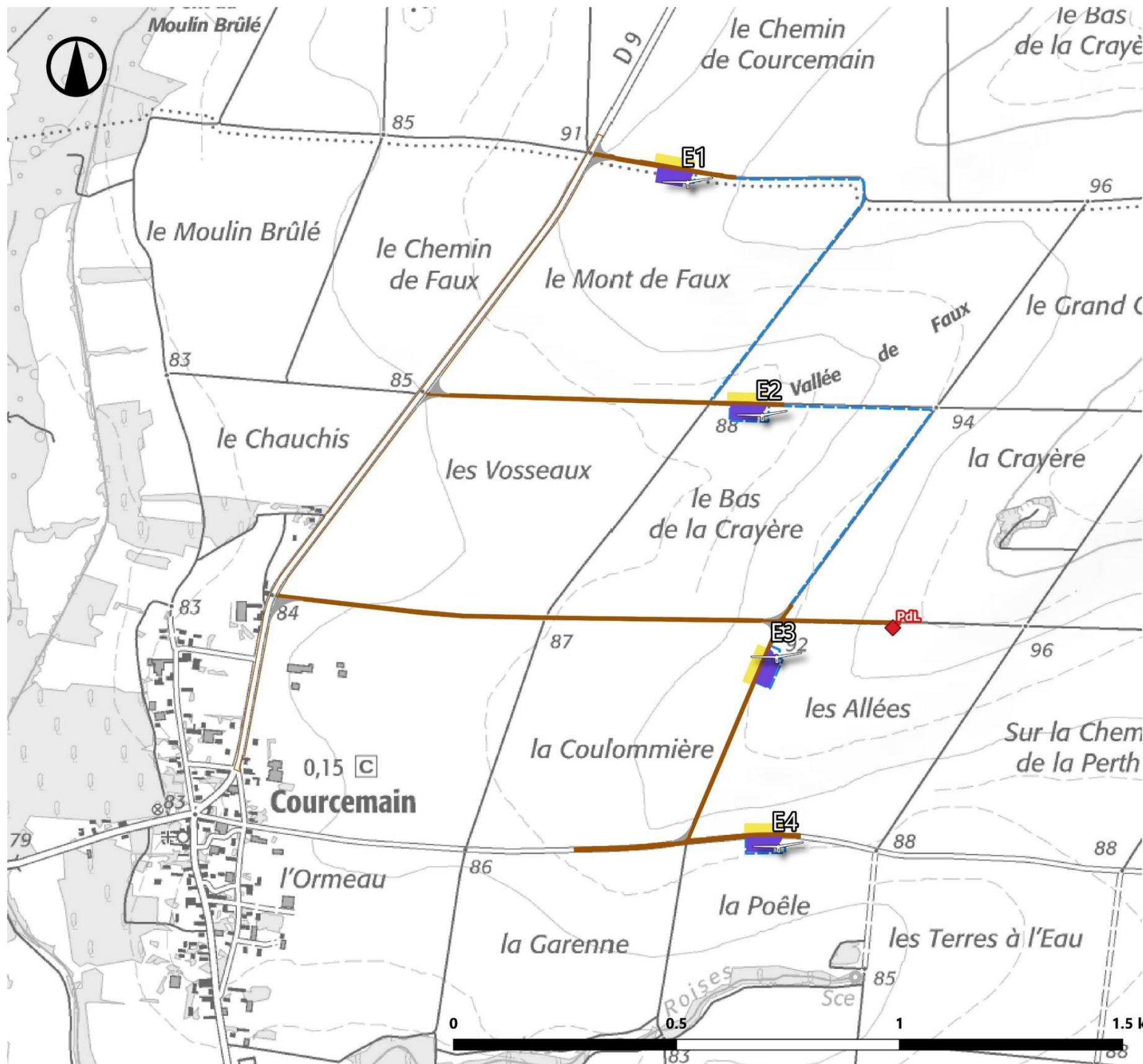
Certains parcs éoliens peuvent aussi être constitués d'aires d'accueil pour informer le public, de parkings d'accès, de parcours pédagogiques, etc.

# Présentation de l'installation

**ATER** Environnement  
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Mai 2023

Source : IGN 25®  
Copie et reproduction interdites



## Légende

Parc éolien de La Crayère

-  Éolienne
-  Postes de livraison (PdL)
-  Raccordement inter-éolien
-  Chemin à renforcer
-  Virage
-  Plateforme permanente
-  Zone de stockage de pales

Carte 12 : Plan détaillé de l'installation

## 4 - 1b Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien de La Crayère est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur totale maximale de 200 m et une hauteur maximale de mât de 122,6m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

## 4 - 1c Composition de l'installation

Le parc éolien de La Crayère est composé de 4 aérogénérateurs et de 2 postes de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur au moyeu maximale de 125 m, ou un diamètre rotor maximal de 162 m, pour une hauteur totale maximale en bout de pale de 200 m et une hauteur maximale de mât de 122,6 m..

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison dans le système de coordonnées Lambert 93.

| Infrastructure | X L93     | Y L93       | Latitude      | Longitude    |
|----------------|-----------|-------------|---------------|--------------|
| E1             | 768 843,9 | 6 837 082   | 48°37'48.93"N | 3°56'3.22"E  |
| E2             | 769 010,6 | 6 836 560,2 | 48°37'31.97"N | 3°56'11.06"E |
| E3             | 769 043,2 | 6 836 018,5 | 48°37'14.42"N | 3°56'12.34"E |
| E4             | 769 046,8 | 6 835 594,3 | 48°37'0.68"N  | 3°56'12.27"E |
| PDL 1          | 769 174,1 | 6 836 242,8 | 48°37'21,63"N | 3°56'18,86"E |
| PDL 2          | 769 180,1 | 6 836 238,8 | 48°37'21,50"N | 3°56'19,15"E |

*Tableau 15 : Coordonnées géographiques du parc éolien en Lambert 93 (source : ELICIO, 2023)*

## 4 - 2 Fonctionnement de l'installation

### 4 - 2a Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h à hauteur de la nacelle, et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 6 et 12 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 3 000 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 72 km/h (variable selon le type d'éolienne) sur une moyenne de 10 minutes, 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.

### Découpage fonctionnel de l'installation

#### Fondations

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Fonction</b>    | <p>Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol</p> <p>Le massif de fondation est composé de béton armé et conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2. Les fondations ont entre 3 et 5 mètres d'épaisseur pour un diamètre de l'ordre d'une vingtaine de mètres. Ceci représente une masse de béton d'environ 1 000 tonnes. Un insert métallique disposé au centre du massif sert de fixation pour la base de la tour. Il répond aux prescriptions de l'Eurocode 3.</p>  |
| <b>Description</b> | <p>Cette structure doit répondre aux calculs de dimensionnement des massifs qui prennent en compte les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le type d'éolienne ;</li> <li>La nature des sols ;</li> <li>Les conditions météorologiques extrêmes ;</li> <li>Les conditions de fatigue.</li> </ul> <p>Les dimensions exactes des fondations seront établies suite à l'étude de sol qui sera réalisée après l'obtention des autorisations administratives, à l'emplacement de chaque éolienne. Elles seront entièrement enterrées et seront donc invisibles.</p> |

Tour / mât

|  |   |
|--|---|
| <b>Fonction</b>                                      | Supporter la nacelle et le rotor  |
| <b>Description</b>                                   | La tour des éoliennes (également appelée mât) est constituée de plusieurs sections tubulaires en acier et/ou en béton, de plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur et de forme tronconique, qui sont assemblées entre elles par des brides. Fixée par une bride à l'insert disposé dans le massif de fondation, la tour est autoportante.  |
|  | La hauteur de la tour, ainsi que ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée.   |
| <b>Tension dans les câbles présents dans la tour</b> | La tour a, avant tout, une fonction de support de la nacelle mais elle permet également le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle et abrite : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une échelle d'accès à la nacelle ;</li> <li>▪ Un élévateur de personnes ;</li> <li>▪ Une armoire de contrôle et des armoires de batteries d'accumulateurs (en point bas) ;</li> <li>▪ Les cellules de protection électriques.</li> </ul> |
|  | Jusqu'à 690 V   |

Nacelle

|  |  |
|--|--|
| <b>Fonctions</b>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Supporter le rotor ;</li> <li>▪ Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité.</li> </ul>  |
| <b>Description</b>                           | La nacelle se situe au sommet de la tour et abrite les composants mécaniques, hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne.   |
|  | Elle est constituée d'une structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre, et est équipée de fenêtres de toit permettant d'accéder à l'extérieur.  |
|  | Une sonde de température extérieure est placée sous la nacelle et reliée au contrôle commande.   |
|  | La nacelle n'est pas fixée de façon rigide à la tour. La partie intermédiaire entre la tour et la nacelle constitue le système d'orientation, appelé « yaw drives », permettant à la nacelle de s'orienter face au vent, c'est-à-dire de positionner le rotor dans la direction du vent (l'orientation du rotor est forcée).   |
| <b>Tension dans les armoires électriques</b> | Le système d'orientation est constitué de plusieurs dispositifs motoréducteurs solidaires de la nacelle, dont les arbres de sortie comportent un pignon s'engrenant sur une couronne dentée solidaire de la tour. Ces dispositifs permettent la rotation de la nacelle et son maintien en position face au vent. La vitesse maximum d'orientation de la nacelle est de moins de 0,5 degrés par seconde soit environ une vingtaine de minutes pour faire un tour complet. |
|  | Afin d'éviter une torsion excessive des câbles électriques reliant la génératrice au réseau public, il existe un dispositif de contrôle de rotation de la nacelle. Celle-ci peut faire 3 à 5 tours de part et d'autre d'une position moyenne. Au-delà, un dispositif automatique provoque l'arrêt de l'éolienne, le retour de la nacelle à sa position dite « zéro », puis la turbine redémarre.   |
|  | Entre 0 et 1 200 V   |

Rotor / Pales

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Fonction</b>    | <p>Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice</p> <p>Les rotors sont composés de trois pales fixées au moyeu via des couronnes à deux rangées de billes et double contact radial. La rotation du rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Elle est transmise à la génératrice via le multiplicateur.</p> <p>Les pales peuvent pivoter d'environ 90 degrés sur leur axe grâce à des vérins hydrauliques montés dans le moyeu. La position des pales est alors ajustée par un système d'inclinaison. Ainsi, les variations de vitesse de vents sont constamment compensées par l'ajustement de l'angle d'inclinaison des pales.</p> <p>Dans le cas où la vitesse de vent devient trop importante (supérieure à 25 m/s), risquant d'amener une usure prématurée des divers composants ou de conduire à un emballement du rotor, le système de sécurité ramène les pales dans une position où elles offrent le moins de prise au vent, dite « en drapeau », conduisant à l'arrêt du rotor (freinage aérodynamique). Ce système comprend également la présence d'accumulateurs hydropneumatiques disposés au plus près des vérins. Ces accumulateurs permettent, même en cas de perte du système de contrôle, de perte d'alimentation électrique ou de défaillance du système hydraulique, de ramener les pales en drapeau.</p> <p>Chaque pale est indépendante et équipée de son propre pitch system afin de garantir un calage continu même en cas de dysfonctionnement du contrôle commande.</p> <p>Plusieurs notions caractérisent les pales :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La longueur, fonction de la puissance désirée ;</li> <li>▪ La corde (largeur maximale), fonction du couple nécessaire au démarrage et de celui désiré en fonctionnement ;</li> <li>▪ Les matériaux, fonction de la résistance souhaitée.</li> </ul> <p>La géométrie de la pale est légèrement vrillée autour de son axe longitudinal pour un meilleur rendement.</p> |
| <b>Description</b> |   |

Multiplicateur (Gearbox)

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Fonction</b>    | <p>Multiplier la vitesse de rotation issue de l'arbre lent</p> <p>Le rotor est directement relié à un arbre de transmission appelé « arbre lent ». Cet arbre, qui tourne à la vitesse du rotor est connecté au multiplicateur. Le multiplicateur (Gearbox) permet de multiplier la vitesse de rotation d'un facteur compris entre 100 et 120 selon les modèles, de telle sorte que la vitesse de sortie (« arbre rapide ») est d'environ 1 500 tours par minute.</p> <p>Le dispositif de transmission entre l'arbre rapide et la génératrice (coupling) est un dispositif flexible, réalisé en matériau composite afin de compenser les défauts d'alignement mais surtout afin de constituer une zone de moindre résistance et de pouvoir rompre en cas de blocage d'un des deux équipements.</p> <p>Sur l'arbre rapide du multiplicateur est monté un disque de frein, à commande hydraulique, utilisé pour l'arrêt de la turbine en cas d'urgence.</p> <p><i>Remarque : Certains modèles d'éoliennes ne possèdent pas de multiplicateur.</i></p> |
| <b>Description</b> |  |

Générateur et transformateur

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Fonction</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Produire de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique ;</li> <li>Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau.</li> </ul>  |
| <b>Description</b> | <p>Les éoliennes sont équipées d'un système générateur/transformateur fonctionnant à vitesse variable (et donc à puissance mécanique fluctuante).</p> <p>Le générateur est ici de type asynchrone délivrant un courant alternatif sous 400 à 690 V à vitesse nominale. Un système de conversion appelé « Grid Streamer™ convertir » permet d'assurer la régulation du fonctionnement du générateur et la qualité du courant produit. Il permet d'alimenter le transformateur élévateur de tension en courant alternatif 50 Hz sous 690 V au maximum.</p> <p>Cette tension est élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur sec, puis régulée par des dispositifs électroniques de façon à pouvoir être compatible avec le réseau public. Le transformateur est localisé dans une pièce fermée à l'arrière de la nacelle. Un câble relie ensuite la nacelle et les cellules de protection du réseau, disposées dans une armoire en partie basse de la tour. Il s'agit de cellules à isolation gazeuse (SF<sub>6</sub>) qui permettent une séparation électrique de l'éolienne par rapport aux autres machines du champ éolien en cas d'anomalie (court-circuit, surtension, défaut d'isolement, etc.).</p> <p>Le refroidissement du générateur et du dispositif de conversion est effectué par une boucle d'eau et d'huile.</p> |

Connexion au réseau électrique public

|  |  |
|--|--|
| <b>Fonction</b>                              | Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public   |
| <b>Description</b>                           | <p>Les éoliennes d'un même champ éolien sont ensuite raccordées au réseau électrique de distribution (ENEDIS ou régies) ou de transport (RTE) via un poste de livraison. Ce poste fait ainsi l'interface entre les installations et le réseau électrique. Chaque poste est équipé d'appareils de comptage d'énergie indiquant l'énergie soutirée au réseau mais également celle injectée. Il comporte aussi la protection générale dont le but est de protéger les éoliennes et le réseau inter-éolien en cas de défaut sur le réseau électrique amont.</p> <p>Les liaisons électriques entre éoliennes et les postes de livraison sont assurées par des câbles souterrains.</p> |
| <b>Tension dans les câbles souterrains</b>   | 20 000 V   |
| <b>Tensions dans les postes de livraison</b> | 20 000 V   |

| Élément de l'installation | Fonction   | Caractéristiques   |
|---------------------------|--|--|
| <b>Fondation</b>          | Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol  | <ul style="list-style-type: none"> <li>En béton armé, de forme circulaire ;</li> <li>Dimension : design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction.<br/><i>Les dimensions exactes des fondations seront définies suite à l'étude de sol, prévue après l'obtention des autorisations administratives. Elles seront entièrement enterrées et seront donc invisibles. Un insert métallique disposé au centre sert de fixation pour la base de la tour. Elles sont conçues pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2 et 3 et aux calculs de dimensionnement des massifs ;</i></li> <li>Profondeur : en standard, entre 3 et 5 m environ.</li> </ul> |
| <b>Mât</b>                | Supporter la nacelle et le rotor   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tubulaire en acier ou béton ou hybride ;</li> <li>Hauteur maximale au moyeu de 125 mètres ;</li> <li>Composé de 3 pièces ;</li> <li>Revêtement multicouche résine époxy ;</li> <li>Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation ;</li> <li>Accès : porte verrouillable au pied du mât, échelle d'accès à la nacelle, élévateur de personnes.</li> </ul>  |
| <b>Nacelle</b>            | Supporter le rotor<br>Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité | <ul style="list-style-type: none"> <li>L'arbre en rotation, entraîné par les pales ;</li> <li>Le multiplicateur est à engrenage planétaire comportant plusieurs étages ainsi qu'un étage à roue dentée droite ou à entraînement différentiel – Tension nulle ;</li> <li>La génératrice annulaire, à double alimentation, qui fabrique l'électricité – Tension de 400 à 690 V ;</li> <li>Composition : structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre, fenêtres de toit permettant d'accéder à l'intérieur.</li> </ul>   |
| <b>Rotor / pales</b>      | Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Orientation active des pales face au vent ;</li> <li>Sens de rotation : sens horaire ;</li> <li>3 par machine ;</li> <li>Surface balayée de 20 612 m<sup>2</sup> ;</li> <li>Vitesse de rotation théorique : entre 6,5 et 13,8 tour/min ;</li> <li>Longueur : 79,3 m au maximum ;</li> <li>Poids : 15 t au maximum ;</li> <li>Contrôle de vitesse variable via microprocesseur ;</li> <li>Contrôle de survitesse : Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale ;</li> <li>Constitué de plastique renforcé à la fibre de verre (GFK), protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 400-22.</li> </ul>                          |

| Élément de l'installation | Fonction   | Caractéristiques  |
|---------------------------|--|---|
| <b>Transformateur</b>     | Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tension de 20 kV à la sortie ;</li> <li>Localisation : pièce fermée à l'arrière de la nacelle.</li> </ul>  |
| <b>Poste de livraison</b> | Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public | <ul style="list-style-type: none"> <li>Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV ;</li> <li>Habillage : bardage bois.</li> </ul> |

Tableau 16 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012

## 4 - 2b Sécurité de l'installation

L'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité.

### Système de fermeture de la porte

L'accès à l'intérieur de l'éolienne ne peut se faire que par la porte de service située au pied du mât. Cette porte est dotée d'un verrou à clé. Un dispositif manuel permet d'ouvrir et de fermer le verrou de la porte depuis l'intérieur, même si la clé se trouve à l'extérieur de la porte.

Un détecteur avertit les personnels d'exploitation et de maintenance en cas d'ouverture d'une porte d'accès à une éolienne.

### Balisage des éoliennes

Le balisage des éoliennes est défini par l'arrêté du 23 avril 2018, modifié par l'arrêté du 29 mars 2022, relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne. Les éoliennes retenues sont conformes à cet arrêté et sont dotées d'un balisage lumineux d'obstacle au niveau de la nacelle.

Dans le cas d'une éolienne de hauteur totale supérieure à 150 m, le balisage par feux d'obstacles moyenne intensité est complété par des feux d'obstacles basse intensité de type B (rouges fixes 32 cd) installés sur le mât. Ces feux de balisage intermédiaire sur le mât sont donc requis pour le projet éolien de La Crayère (hauteur maximale des éoliennes en bout de pale de 200 m).

Les feux de balisage d'obstacles font l'objet d'un certificat de conformité type, délivré par le service technique de l'aviation civile de la direction générale de l'aviation civile (STAC), en fonction des spécifications techniques correspondantes.

L'alimentation électrique, desservant le balisage lumineux, est secourue par l'intermédiaire d'un dispositif automatique et commute dans un temps n'excédant pas 15 secondes. La source d'énergie assurant l'alimentation de secours des installations de balisage lumineux possède une autonomie au moins égale à 12 heures.

Le balisage est surveillé par l'exploitant et celui-ci signale dans les plus brefs délais toute défaillance ou interruption du balisage à l'autorité de l'aviation civile territorialement compétente.

#### Balisage lumineux de jour

Chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de jour assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 candelas [cd]). Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et disposés de manière à assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).

#### Balisage lumineux de nuit

### Projet éolien de La Crayère(51)

Dossier de demande d'Autorisation Environnementale

Chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de nuit assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 cd). Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et disposés de manière à assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).

Le passage du balisage lumineux de jour au balisage de nuit est assuré par un détecteur crépusculaire. Le jour est caractérisé par une luminance de fond supérieure à 500 cd/m<sup>2</sup>, le crépuscule est caractérisé par une luminance de fond comprise entre 50 cd/m<sup>2</sup> et 500 cd/m<sup>2</sup>, et la nuit est caractérisée par une luminance de fond inférieure à 50 cd/m<sup>2</sup>. Le balisage actif lors du crépuscule est le balisage de jour, le balisage de nuit est activé lorsque la luminance de fond est inférieure à 50 cd/m<sup>2</sup>.

### Balisage en phase chantier

Lors de la période de travaux, la présence du chantier et d'éoliennes en cours de levage est communiquée aux différents usagers de l'espace aérien par la voie de l'information aéronautique. A cette fin, l'exploitant des éoliennes, après coordination avec le responsable du chantier, fournit les informations nécessaires aux autorités de l'aviation civile et de la défense territorialement compétentes au moins 7 jours avant le début du chantier.

Un balisage temporaire constitué de feux d'obstacles basse intensité de type E (rouges, à éclats, 32 cd) est mis en œuvre dès que la nacelle de l'éolienne est érigée. Ces feux d'obstacle sont opérationnels de jour comme de nuit. Ils sont installés sur le sommet de la nacelle et sont visibles dans tous les azimuts (360°). Le balisage définitif prescrit dans l'arrêté du 23 avril 2018 est effectif dès que l'éolienne est mise sous tension. Le balisage définitif peut également être utilisé en lieu et place du balisage temporaire décrit ci-dessus.

### Protection contre le risque incendie

#### Système de détection et d'alarme

Tous les composants mécaniques et électriques de l'éolienne dans lesquels un incendie pourrait potentiellement se déclencher en raison d'une éventuelle surchauffe ou de court-circuit, sont continuellement surveillés par des capteurs lors du fonctionnement, et cela en premier lieu afin de s'assurer de leur bon fonctionnement. Si le système de commande détecte un état non autorisé, l'éolienne est stoppée ou continue de fonctionner mais avec une puissance réduite. Le choix des matériaux est également un aspect clé de la protection incendie, par la conception en matériaux ignifuges, difficilement, ou non inflammables pour certains composants.

Un système d'alarme est couplé avec un système de détection qui informe l'exploitant à tout moment d'un départ de feu dans une éolienne, via le système SCADA. La détection se fait selon deux zones indépendantes, la base du mât et la nacelle. Le départ d'un feu entraîne l'arrêt d'urgence de l'éolienne, sa mise en sécurité, l'arrêt des ventilations et déclenche une alarme sonore et lumineuse dans l'éolienne.

Les détecteurs de fumée et/ou les capteurs de température émettent des signaux qui sont immédiatement transmis par le système de surveillance à distance SCADA qui alerte alors l'exploitant, par un message SMS et/ou email, qui prévient alors les pompiers. Ces derniers décident sur place des actions à entreprendre. Les centres de service de suivi d'exploitation sont ouverts 24h/24, 7j/7 et par conséquent joignables à tout moment.

#### Système de lutte contre l'incendie

Les éoliennes envisagées disposent de plusieurs extincteurs manuels portatifs à CO<sub>2</sub> localisés dans la nacelle et le mât. Ils sont positionnés de façon bien visible et facilement accessible. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Ils font l'objet d'un contrôle régulier par un organisme agréé. Par ailleurs lors des interventions, les techniciens emmènent également un extincteur dans leur véhicule de service.

#### Procédure d'urgence en cas d'incendie

L'exploitant est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant la détection de l'incendie. Il doit être capable également de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai de 60 minutes.

Un plan d'évacuation permet au personnel d'évacuer l'éolienne en cas d'incendie. Le personnel dispose également d'une procédure d'urgence pour donner l'alerte vers les services de secours en cas d'incendie et est formé pour le faire.

## Protection contre le risque foudre

La fonction principale du système de protection contre la foudre (Lightning Protection System - LPS) est de protéger les vies et les biens contre les effets destructeurs de la foudre. Tous les éléments du système sont conçus de manière à résister à l'impact de la foudre, et à ce que le courant de foudre puisse être conduit en toute sécurité aux points de mise à la terre sans dommage ou sans perturbation des systèmes.

Les éoliennes retenues seront équipées d'un système de protection contre la foudre afin de minimiser les dommages sur les composants mécaniques, les systèmes électriques et les systèmes de contrôle. Le système de protection contre la foudre est basé sur des solutions de protection interne et externe.

Le système de protection externe est conçu pour gérer un coup de foudre direct sur l'éolienne et pour conduire le courant de foudre à la terre au bas de l'éolienne.

La protection interne est conçue pour minimiser les dégâts et les interférences sur les équipements électriques et les composants électroniques à l'intérieur de l'éolienne grâce à une ligne équipotentielle, à une protection contre les surtensions et les perturbations électromagnétiques.

Le système de protection contre la foudre a été conçu pour atteindre un niveau de protection I selon la norme IEC 61400-24. Le Maître d'Ouvrage tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des éoliennes à la norme précitée.

## Protection contre la survitesse

Chaque éolienne est dotée d'un dispositif de freinage pour diminuer les contraintes mécaniques qui s'exercent sur cette dernière lorsque le vent augmente. Ce dispositif arrête tout fonctionnement de l'éolienne en cas de tempête par exemple. Cela s'effectue par une rotation des pales limitant la prise au vent puis par des freins moteurs.

En cas de défaillance, un système d'alarme est couplé avec un système de détection de survitesse qui informe l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. Ce dernier est 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. Il doit être capable également de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai de 60 minutes.

## Protection contre l'échauffement

Tous les principaux composants sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne.

En cas de dépassement de seuils (seuils différents en fonction du type d'aérogénérateur, du type de composant et prédéfinis), des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif), voire un arrêt de la machine. Tout phénomène anormal est ainsi répertorié, tracé via le système SCADA du parc, et donne lieu à des analyses et si nécessaire interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés.

La procédure de coupure sera lancée si la vitesse du vent est supérieure à la vitesse du vent de coupure, en valeur moyennée sur 10 min. Cependant, pour faire face aux rafales, l'éolienne lancera également la procédure de coupure si la vitesse du vent dépasse certains seuils prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne en valeur moyennée sur 3 secondes. La procédure d'arrêt fera pivoter les pales en position drapeau et arrêtera l'éolienne en toute sécurité.

## Protection contre la glace

Durant les mois d'hiver et au début du printemps, du givre puis de la glace peuvent se former sur les pales et la nacelle des éoliennes entraînant un surpoids, un déséquilibre du rotor et des risques de projection de cette glace. La glace sur les pales de l'éolienne diminue sa puissance et augmente les efforts sur la machine. Le balourd créé déséquilibre la rotation du rotor.

Un système de protection contre la glace est donc fourni le cas échéant avec les éoliennes pour prévenir de ces dangers, conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'article 19 de l'arrêté du 22 juin 2020.

Le système de protection se base sur trois méthodes redondantes :

- Comparaison des mesures de vent par deux anémomètres sur la nacelle, l'un étant chauffé, l'autre non, associé à des paramètres climatiques additionnels (notamment critère de température) ;
- Analyse de données de fonctionnement de l'éolienne, le dépôt de givre modifiant le profil aérodynamique de la pale et impactant par conséquent la production électrique de la machine ;
- Système de mesure des oscillations et des vibrations qui sont causées par le balourd provoqué par la formation de glace sur les pales qui peuvent, en cas extrême, déclencher un arrêt d'urgence (intégré dans la chaîne de sécurité de l'éolienne).

La détection de glace génère une alarme sur le système de surveillance à distance de l'éolienne (SCADA) et informe l'exploitant de l'événement. Celui-ci stoppe l'éolienne et ne peut la redémarrer que sur place, après un contrôle visuel des pales et de la nacelle permettant d'évaluer l'importance de la formation de glace (redémarrage à distance impossible).

En cas de conditions de gel prolongé, les éoliennes sont maintenues à l'arrêt jusqu'au retour de conditions météorologiques plus clémentes.

## Protection contre le risque électrique

Les installations électriques à l'intérieur de l'éolienne respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006.

Les installations électriques extérieures à l'éolienne sont conformes aux normes NFC 15100 (dernière version en date d'août 2016), NFC 13100 (version d'avril 2015) et NFC 13-200 (version de juin 2018). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs aux dites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.

## Protection contre le risque de fuite de liquide dans la nacelle

Les nacelles des éoliennes sont conçues de sorte que tout écoulement accidentel de liquide provenant d'éléments de la nacelle soit récupéré dans un bac de rétention. Un réservoir de 1 000 L, situé dans la tour de l'éolienne, permet ensuite de recueillir les produits de fuite temporairement avant leur évacuation par les moyens appropriés.

L'utilisation de liquide est liée au multiplicateur et aux éléments graissés dont la quantité est limitée (15 à 20 litres utilisés) (roue dentée/engrenage, transmission d'orientation de l'éolienne, frein hydraulique).

Des vérifications des niveaux sont également partie intégrante des opérations de maintenance préventive.

## Sécurité positive de l'éolienne – redondance des capteurs

L'éolienne est dotée d'un grand nombre de capteurs (capteurs de température, de pression, de contact, de mesure de vitesse, d'accélération, du retour d'information de chaque état du système ...) sur absolument chaque partie de l'éolienne.

Ainsi, si l'un d'eux est cassé, celui qui est juste après dans la chaîne détectera l'anomalie et signalera par le biais du système de supervision (SCADA) monitoré 24h sur 24 et 7 jours sur 7.

### Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes (SCADA)

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 de La Crayère est entièrement automatisé et contrôlé à distance depuis le centre de maintenance qui s'occupera du parc.

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 SCADA constitue un terminal de dialogue entre l'automate et son système d'entrée/sortie, connecté en réseau au niveau des armoires de contrôle placées dans la nacelle et dans le pied de l'éolienne.

#### Dans le cas où le système SCADA est défectueux

Le réseau SCADA permet le contrôle à distance du fonctionnement des éoliennes. Ainsi, chaque éolienne dispose de son propre SCADA relié lui-même à un SCADA central qui a pour objectif principal :

- De regrouper les informations des SCADAS des éoliennes ;
- De transmettre à toutes les éoliennes une information identique, en même temps, plutôt que de passer par chaque éolienne à chaque fois.

Ainsi en cas de dysfonctionnement (survitesse, échauffement) ou d'incident (incendie), l'exploitant est immédiatement informé et peut réagir.

Dans le cas d'un dysfonctionnement du système de SCADA central, le contrôle de commande des éoliennes à distance est maintenu puisque ces machines disposent d'un SCADA qui leur est propre. Le seul inconvénient est qu'il faut donner l'information à chacune des éoliennes du parc.

Dans le cas d'un dysfonctionnement du système SCADA propre à une éolienne, ce dernier entraîne l'arrêt immédiat de la machine.

Ainsi, en cas de défaillance éventuelle du système SCADA de commande à distance, le parc éolien est maintenu sous contrôle soit via le système SCADA propre à la machine, soit par l'arrêt automatique de la machine.

#### Dans le cas d'une rupture du réseau de fibres optiques

Le système de contrôle de commande des éoliennes est relié par fibre optique aux différents capteurs. En cas de rupture de la fibre optique entre deux éoliennes, la transmission peut s'effectuer directement en passant par le SCADA propre à l'éolienne ou par le SCADA central. Il s'agit d'un système en anneau qui permet de garantir une communication continue des éoliennes.

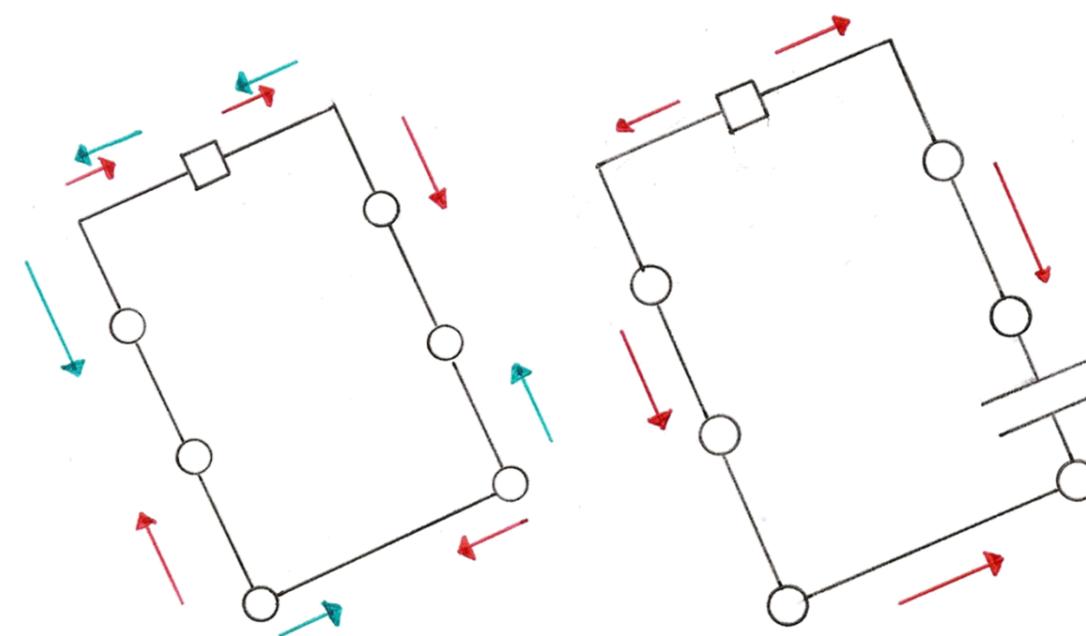


Figure 9 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes –

Légende : ○ Eolienne □ SCADA → Circulation de l'information

### Certification des éoliennes

Les éoliennes sont conformes à la norme IEC 61400-22 et à la Directive « Machines » du 17 mai 2006 ainsi qu'à la norme NF EN 61400-1 (novembre 2015) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'UE.

Les éoliennes sont mises à la terre et l'installation répond aux dispositions de la norme IEC 61400-22 (cf annexe 10.7 – « Type certificate » des éoliennes envisagées).

La société SAS ELICIO La Crayère tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

Le tableau ci-après présente un récapitulatif des notions abordées précédemment, en se basant sur les articles de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021.

| Article de l'arrêté du 26/08/11 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020) | Disposition   | Données constructeur   | Autres données   | Conformité |
|--|---|--|--|------------|
| 3<br>(4)   | Distance > 500 m des habitations<br>Distance > 300 m d'une installation nucléaire ou d'une ICPE | -  | Première habitation à 1 km au Sud-Ouest de E2 sur la commune de Courcemain.<br>Site industriel le plus proche : « Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné » localisé sur la commune de Saint-Saturnin, à 3,7 km à l'Ouest du site du projet | OUI        |
| 4<br>(5)   | Distance d'éloignement des radars<br>Aucune gêne du fonctionnement des équipements militaires   | -  | Le radar météorologique d'Arcis-sur-Aube est localisé à plus de 30 km.   | OUI        |
| 5  | Etude stroboscopique dans le cadre de bureaux à moins de 250 m                                  | -  | Non concerné   | OUI        |
| 6  | Limitation du champ magnétique (100 microteslas à 50-60 Hz)                                     | Type Certificate<br>Conformity Evaluation has been carried out according to IEC 61400-22 2010 "Wind Turbines - Part 22 : Conformity Testing and Certification<br><br>Conformity Evaluation has been carried out according to BEK 73-2013 "Bekendtgorelse om teknisk certificeringsordning for vindmoller"<br><br>This certificate attests compliance with IEC 61400-1 ed.3 incl. amd. 1 and IEC 61400-22 concerning the design and manufacture | Les distances d'éloignement par rapport aux habitations permettent d'affirmer que le champ magnétique n'aura aucun impact potentiel sur les personnes (voir paragraphe 3.1 du présent document)  | OUI        |

| Article de l'arrêté du 26/08/11 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020) | Disposition  | Données constructeur   | Autres données  | Conformité |
|--|--|--|---|------------|
| 7  | Voie carrossable pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours<br>Accès bien entretenu et abords de l'installation maintenus en bon état de propreté.  | -  | Les chemins d'accès prennent place sur des parcelles communales, pour lesquelles la société SAS ELICIO La Crayère a signé des conventions de servitude de passage et d'utilisation.<br>L'entretien reste à la charge de la commune mais financé par l'exploitant du parc éolien.<br>Le stationnement des véhicules des techniciens sera réalisé sur une zone de stationnement dédiée : l'accès sera donc en permanence dégagé pour les secours. | OUI        |
| 8<br>(6)   | L'aérogénérateur est conçu pour garantir le maintien de son intégrité technique au cours de sa durée de vie. Le respect de la norme NF EN 61 400-1 ou IEC 61 400-1, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne<br>Rapport de contrôle par un organisme compétent attestant de la mise à la terre de l'installation avant la mise en service industrielle | Type Certificate<br>Conformity Evaluation has been carried out according to IEC 61400-22 2010 "Wind Turbines - Part 22 : Conformity Testing and Certification<br><br>Conformity Evaluation has been carried out according to BEK 73-2013 "Bekendtgorelse om teknisk certificeringsordning for vindmoller"<br><br>This certificate attests compliance with IEC 61400-1 ed.3 incl. amd. 1 and IEC 61400-22 concerning the design and manufacture |   | OUI        |
| 9<br>(7)   | Mise à la terre de l'installation<br>Conformité à la norme IEC 61 400-24 dans sa version en vigueur à la date du dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale.<br>Rapport de contrôle par un organisme compétent attestant de la mise à la terre de l'installation avant la mise en service industrielle  |  |   | OUI        |

| Article de l'arrêté du 26/08/11 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020) | Disposition  | Données constructeur  | Autres données   | Conformité |
|--|--|---|--|------------|
| 10 (8)   | Conformité de la directive du 17 mai 2006<br>Conformités aux normes NFC 15-100 (2008), NFC 13-100 (2001) et NFC 13-200 (2009)<br>Rapport de contrôle par un organisme compétent attestant de la mise à la terre de l'installation avant la mise en service industrielle  | Type Certificate<br><br>Conformity Evaluation has been carried out according to IEC 61400-22 2010 "Wind Turbines - Part 22 : Conformity Testing and Certification"<br><br>Conformity Evaluation has been carried out according to BEK 73-2013 "Bekendtgørelse om teknisk certificeringsordning for vindmøller"<br><br>This certificate attests compliance with IEC 61400-1 ed.3 incl. amd. 1 and IEC 61400-22 concerning the design and manufacture |  | OUI        |
| 11   | Balisage approprié   | Type Certificate<br><br>Conformity Evaluation has been carried out according to IEC 61400-22 2010 "Wind Turbines - Part 22 : Conformity Testing and Certification"<br><br>Conformity Evaluation has been carried out according to BEK 73-2013 "Bekendtgørelse om teknisk certificeringsordning for vindmøller"<br><br>This certificate attests compliance with IEC 61400-1 ed.3 incl. amd. 1 and IEC 61400-22 concerning the design and manufacture | Balisage conforme aux articles L6351-6 et L6352-1 du code des transports et R243-1 et R244-1 du code de l'aviation civile ;<br>Le parc éolien de La Crayère respectera ces normes. | OUI        |
| 12 (9)   | Suivi environnemental sur l'avifaune et les chiroptères<br>- Débute dans les 12 mois qui suivent la mise en service<br>- Renouvelé dans les 12 mois en cas d'impact significatif mis en évidence<br>- Renouvelé tous les 10 ans a minima<br>- Conforme au protocole de suivi environnemental reconnu par le ministère des installations classées | -   | Un tel suivi sera réalisé, notamment d'après les préconisations de l'étude écologique réalisée dans le cadre de l'étude d'impact environnementale.                                 | OUI        |

| Article de l'arrêté du 26/08/11 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020) | Disposition  | Données constructeur  | Autres données   | Conformité |
|--|--|---|--|------------|
| 13   | Accès à l'intérieur des aérogénérateurs et des postes de livraison fermés à clef   | -   | Accès à l'intérieur des éoliennes et des postes de livraison impossible et interdit aux personnes ne faisant pas partie du personnel d'exploitation.<br>La porte des éoliennes est sans verrouillage depuis l'intérieur pour ne pas y rester coincé.<br>Les portes des éoliennes sont équipées de contact de porte envoyant également une alarme sur le système de supervision en cas d'ouverture. | OUI        |
| 14 (10)  | Affichage d'un numéro sur chaque aérogénérateur, sur le mât.<br>Affichage des consignes de sécurité, d'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur, de la mise en garde des risques d'électrocution et de risque de chute de glace. | -   | Présence et affichage clair des consignes de sécurité aux abords de l'entrée des chemins d'exploitation et au niveau des plateformes.<br>Affichage, sur le parc éolien, du plan de secours et des coordonnées des moyens de secours en cas d'accident ou d'incident.   | OUI        |
| 15 (11)  | Formation du personnel sur les risques, les moyens pour les éviter, les procédures d'urgence et mise en place d'exercices d'entraînement, consignés dans un registre. Ce registre contient également l'analyse de retour d'expérience. | Réalisation d'essais prouvant le bon fonctionnement des installations.<br>L'arrêt d'urgence est testé au bout de 3 mois de fonctionnement, puis tous les ans. | Réalisation des tests lors des opérations de maintenance préventive (dont la périodicité n'excède pas 1 an).<br>L'exploitant s'engage à remettre un rapport de test lors de la réception validant ces éléments.<br>L'exploitant s'engagera à remettre au moins annuellement un rapport de contrôle et de bon fonctionnement conformément aux procédures du fabricant des aérogénérateurs.          | OUI        |
| 16   | Interdiction d'entreposer des matériaux combustibles ou inflammables à l'intérieur des éoliennes.  | -   | Les maintenances comprennent une phase finale de nettoyage de l'éolienne afin de maintenir propre les installations et ne laisser aucun déchet.<br>Le manuel de sécurité indique l'interdiction d'entreposage de matériaux dangereux.  | OUI        |

| Article de l'arrêté du 26/08/11 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020) | Disposition   | Données constructeur   | Autres données   | Conformité |
|--|---|--|--|------------|
| 17 (12)  | Essais d'avant mise en service et contrôle périodique (arrêt, arrêt d'urgence et arrêt survitesse)  | -  | <p>Les techniciens de maintenance possèdent des formations en interne concernant le travail à effectuer. Ils sont également soumis à l'obtention de plusieurs habilitations, mises à jour périodiquement :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Travail en hauteur ;</li> <li>- Habilitation électrique BT/HT ;</li> <li>- Sauveteur secouriste du travail ;</li> <li>- Certificat d'aptitude par la médecine du travail.</li> </ul> <p>Les habilitations de l'ensemble des techniciens sont mises à disposition de la société SAS ELICIO La Crayère. Les consignes de sécurité enseignées aux techniciens sont celles conformes à l'article 22 de l'arrêté du 26/08/2011 modifié par l'article 16 de l'arrêté du 22 juin 2020.</p> <p>Le personnel de maintenance procède annuellement à des exercices d'entraînement aux situations d'urgence. Les scénarii effectués sont l'évacuation d'une personne sur l'échelle et l'évacuation de l'éolienne en cas d'incendie. Ces exercices d'entraînement sont assurés le cas échéant en lien avec les services de secours.</p> | OUI        |
| 18 (13)  | <p>Contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et contrôle visuel du mât (3 mois, puis un an après la mise en service, puis selon une périodicité qui ne peut excéder 3 ans).</p> <p>Contrôle des systèmes instrumentés de sécurité (selon une périodicité qui ne peut excéder un an).</p> <p>Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être endommagés (selon une périodicité qui ne peut excéder 6 mois).</p> <p>La liste des équipements de sécurité est consignée dans un registre de maintenance.</p> | La société construisant les éoliennes fournit les rapports de torquage de leur sous-traitant | Les contrôles correspondants, faisant partie des opérations de maintenance préventive, sont consignés et répertoriés dans les protocoles de maintenance, suivis par l'exploitant.  | OUI        |

| Article de l'arrêté du 26/08/11 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020) | Disposition  | Données constructeur   | Autres données  | Conformité |
|--|--|--|---|------------|
| 19 (14)  | <p>Tenue, par l'exploitant, d'un manuel d'entretien dans lequel sont précisées la nature, la fréquence des opérations et les modalités des tests et des contrôles de sécurité.</p> <p>Tenue également d'un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.</p> | La société construisant les éoliennes fournit un manuel listant l'ensemble des tâches à accomplir lors de la maintenance, l'ensemble des protocoles de maintenance, ainsi que les fiches d'intervention des équipes de maintenance permettant ainsi à l'exploitant d'établir et de tenir à jour le registre cité par l'arrêté.       | <p>La société SAS ELICIO La Crayère dispose des rapports de service et des rapports mensuels indiquant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les interventions réalisées sur site ;</li> <li>- Le descriptif des actions correctives réalisées ;</li> <li>- Les arrêts mensuels par éolienne.</li> </ul> <p>Le registre sera fourni à l'inspecteur des installations classées.</p> | OUI        |
| 20   | Gestion des déchets  | Lors de la maintenance préventive, le constructeur fait installer des containers appelés Eoltainer. Les déchets engendrés par les maintenances y sont ramenés et triés dans les différents compartiments puis collectés pour leur traitement/valorisation. Des bordereaux de suivi des déchets sont ensuite transmis à l'exploitant. | Les déchets seront triés et stockés de manière à éviter toute contamination du sol. Lors de la production de déchets dangereux, un Bordereau de Suivi des Déchets (BSD) sera émis.  | OUI        |
| 21 (15)  | Elimination des déchets non dangereux  |  | La société SAS ELICIO La Crayère utilise une charte de suivi de chantier afin de prévenir la gestion des déchets tout au long de cette phase.   | OUI        |
| 22 (16)  | <p>Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance.</p> <p>Les consignes de sécurité indiquent également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité.</p>   | La société construisant les éoliennes fournit à ses employés un manuel de sécurité et un plan d'évacuation et participe aux formations annuelles du personnel.   | <p>Un plan de prévention annuel comprenant une analyse des risques et les moyens mis en œuvre pour les éviter est également lu au personnel.</p> <p>Un plan d'évacuation est affiché en pied d'éolienne (intérieur).</p>  | OUI        |

| Article de l'arrêté du 26/08/11 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020) | Disposition   | Données constructeur  | Autres données  | Conformité |
|--|---|---|---|------------|
| 23 (17)  | En cas de détection d'un fonctionnement anormal, l'exploitant ou une personne qu'il aura désigné et formé est en mesure de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence dans un délai maximal de 60 minutes, et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes | Compatibilité couverture GSM : un système d'alerte automatique équipe chaque éolienne et permet d'alerter les secours ainsi que l'exploitant de l'installation en cas de danger. Les communications et en particulier les signaux d'alarme sont assurés en cas d'urgence. | Chaque aérogénérateur est doté d'un système de détection qui permet d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur.<br>La société SAS ELICIO La Crayère justifie sa capacité d'alerter les services d'urgence dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur grâce à son contrat de maintenance 24h/24 et 7j/7 ainsi que grâce à la supervision en temps réel.  | OUI        |
| 24   | Moyens de lutte contre l'incendie à disposition dans chaque aérogénérateur (système d'alarme et deux extincteurs)   | -   | En cas d'accident, des procédures d'urgence permettent au personnel présent sur le site ou au centre de conduite de prendre les mesures nécessaires à l'évacuation de la nacelle, à l'extinction d'un début d'incendie, ...<br>Sur site, le personnel dispose de plusieurs extincteurs visibles et facilement accessibles (situés en bas du mât et dans la nacelle) adaptés aux risques à combattre, et d'une trousse de premiers secours.<br>Une fois les différentes autorisations administratives nécessaires obtenues, un plan d'intervention sera réalisé avec les services de secours afin de lister :<br>- Les noms et numéros des services secours à contacter ;<br>- Les procédures à mettre en place (périmètre de sécurité, moyens de lutte incendie externe pouvant être mis en œuvre...);<br>- La réalisation régulière d'exercices d'entraînement.<br>Pour faciliter l'accès aux secours, le stationnement des véhicules des techniciens sera réalisé sur une zone de stationnement dédiée et les voies d'accès seront régulièrement entretenues.<br>L'accès sera en permanence dégagé. | OUI        |

| Article de l'arrêté du 26/08/11 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020) | Disposition  | Données constructeur  | Autres données  | Conformité |
|--|--|---|---|------------|
| 25 (19)  | Mise en place d'un système de détection de formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur est mis à l'arrêt dans un délai maximal de 60 minutes | Le système de détection de glace (qui équipe toutes les éoliennes) repose sur une comparaison entre différentes données (températures, vitesse de vent et production). Si une différence entre les productions réelle et attendue est mesurée, sous certaines conditions de température et de vent, l'éolienne s'arrête automatiquement. La remise en route est automatique, après disparition des conditions de givre. | L'exploitant garantit la conservation du système opérationnel et l'utilisation de la procédure d'exploitation conforme à la réglementation en vigueur.  | OUI        |
| 26-27-28 (20)  | Emergence contrôlée du bruit, limitation sonore des engins de chantier et suivi des mesures  | La société construisant les éoliennes fournit à la société SAS ELICIO La Crayère la courbe de bruit des éoliennes.  | L'adéquation en termes d'urgence sonore de la machine avec le site sera à la charge du Maître d'Ouvrage. Les seuils réglementaires maximum à proximité des éoliennes seront respectés, de jour comme de nuit. Et le bruit total chez les riverains ne comportera pas de tonalité marquée au sens de la réglementation ICPE.<br>La réception acoustique du parc éolien sera conforme aux prévisions acoustiques de l'étude d'impact.<br>Les règles de chantier imposées aux sous-traitants suivent les prescriptions de l'article 27 du 26/08/11 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020. | OUI        |

Tableau 17 : Conformité à l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021 relatifs aux ICPE

#### 4 - 2c Opération de maintenance de l'installation

La maintenance de l'installation sera réalisée par le constructeur de celle-ci (ou autre prestataire spécialisé) pour le compte de la société SAS ELICIO La Crayère.

#### Personnel qualifié et formation continue

Tout personnel amené à intervenir dans les éoliennes est formé et habilité :

- Electriquement, selon son niveau de connaissance ;
- Aux travaux en hauteur, port des EPI, évacuation et sauvetage ;
- Sauveteur secouriste du travail.

Ces habilitations sont recyclées périodiquement suivant la réglementation ou les recommandations en vigueur. Des contrôles des connaissances sont réalisés afin de vérifier la validité de ces habilitations.

Des points mensuels concernant la sécurité et les procédures sont effectués avec l'ensemble du personnel de maintenance. Une présentation du fonctionnement de la sécurité est réalisée auprès des nouveaux embauchés.

## Planification de la maintenance

### Préventive

La maintenance, réalisée sur l'ensemble des parcs éoliens, est préventive. Elle contribue à améliorer la fiabilité des équipements (sécurité des tiers et des biens) et la qualité de la production (en l'absence de panne subie). Cette maintenance préventive se traduit par la définition de plans d'actions et d'interventions sur l'équipement, par le remplacement de certaines pièces en voie de dégradation afin d'en limiter l'usure, par le graissage ou le nettoyage régulier de certains ensembles. Chacune des interventions sur les éoliennes ou leurs périphériques fait l'objet de l'arrêt du rotor pendant toute la durée des opérations.

La société SAS ELICIO La Crayère disposera **d'un manuel d'entretien de l'installation** dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. Elle tiendra à jour pour chaque installation, un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.

La société SAS ELICIO La Crayère procédera, trois mois après la mise en service, à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât. Puis un nouveau contrôle sera effectué un an après la mise en service industrielle, et après ces contrôles se feront suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans.

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, la société SAS ELICIO La Crayère procédera également à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité.

Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'Inspection des Installations Classées.

**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.**

### Curative

En cas de défaillance, les techniciens interviennent rapidement sur l'éolienne afin d'identifier l'origine de la défaillance et y palier.

## 4 - 2d Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du parc éolien de La Crayère.

## 4 - 3 Fonctionnement des réseaux de l'installation

### 4 - 3a Raccordement électrique

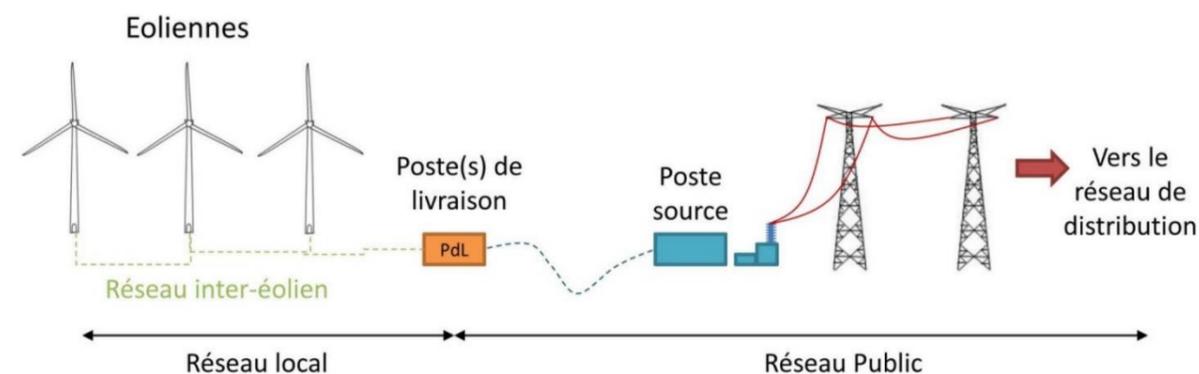


Figure 10 : Raccordement électrique des installations (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

### Caractéristiques principales de l'ouvrage

Le câblage électrique du parc comprend deux parties distinctes : le câblage inter-éoliennes et le câblage de raccordement du parc éolien au poste source le plus proche. La jonction entre les deux parties se fait au niveau des postes de livraison du parc éolien.

### Réseau inter-éolien (ou réseau local)

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. Le poste de livraison et les câbles y raccordant les éoliennes constituent le réseau interne de la centrale éolienne.

### Conformité des liaisons électriques

Le pétitionnaire s'engage à respecter les dispositions de l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les ouvrages électriques. Les liaisons électriques seront donc de fait conformes avec la réglementation technique en vigueur.

### Caractéristiques du câble électrique

Le réseau de raccordement électrique ou téléphonique (surveillance) entre les éoliennes et les postes de livraison sera enterré sur toute sa longueur, en longeant en partie les pistes et chemins d'accès entre les éoliennes et les postes de livraison. La tension des câbles électriques est de 20 000 V. Les câbles, en aluminium ou en cuivre, seront d'une section de 3x150 mm<sup>2</sup> et 3x240 mm<sup>2</sup> suivant le nombre d'éoliennes raccordées sur ceux-ci.

## Caractéristique des tranchées

Pour le raccordement inter-éolien, les caractéristiques des tranchées sont en moyenne d'une largeur de 50 cm et d'une profondeur de 0,8 à 1,20 m selon les cas. Des illustrations de coupe type sont présentées ci-après. Les sols traversés sont de type crayeux.

Les impacts directs de la mise en place de ces réseaux enterrés sur le site sont négligeables : les tranchées sont faites au droit des chemins d'accès ou en plein champs, dans des lieux présentant peu d'intérêt écologique, et à une profondeur empêchant toute interaction avec les engins agricoles.

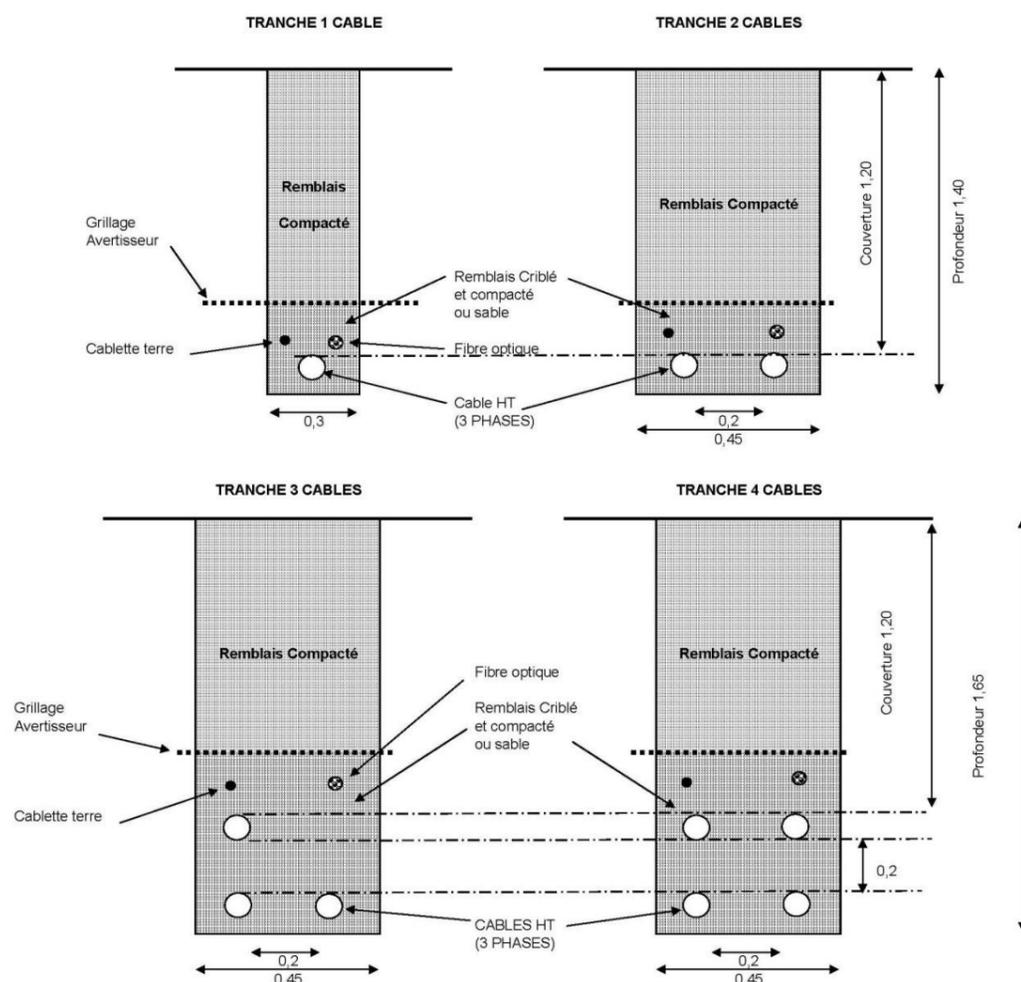


Figure 11 : Vue en coupe des tranchées selon le nombre de câbles passés

Les câbles seront enfouis en utilisant de préférence la technique de pose au soc vibrant. Aucun apport ou retrait de matériaux du site n'est nécessaire. Ouverture de tranchées, mise en place de câbles et fermeture des tranchées seront opérées en continu, à l'avancement, sans aucune rotation d'engins de chantier.

## Représentation graphique

Une carte de situation sur fond IGN présentée en fin de partie (« Réseaux électriques internes à l'installation ») précise le tracé de principe des canalisations électriques projetées et les ouvrages électriques projetés.

## Postes 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. Pour le parc éolien de La Crayère, deux structures de livraison sont prévues. Ces structures seront placées sur une plateforme dont les dimensions sont de 20 m de long par 15 m de large.

La localisation exacte de l'emplacement des postes 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.

La plateforme soutenant les deux postes de livraison est localisée sur la parcelle n°3 de la section ZC de la commune de Courcemain.

## Démarches préalables réalisées

Le pétitionnaire atteste détenir les autorisations foncières nécessaires à la réalisation des éoliennes et des postes de livraison dans le cadre du projet éolien de La Crayère (jointes en annexe du volume 1 – Description de la demande).

## Réseau électrique externe (ou réseau public)

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

Actuellement, aucun poste source existant ne permet le raccordement du parc projeté, sous condition d'évolution des files d'attente et des travaux de renforcement. Il est important de rappeler que, comme évoqué dans le volume 4b – Étude d'impacts, la dernière version du S3REnR de la région Grand Est prévoit la construction de « trois nouveaux postes HTB/HTA (nommés 51-04, 51-05 et 51-06) qui seront raccordés sur le poste HTB/HTB de Faux-Fresnay via des liaisons souterraines HTB et, d'autre part, sur un nouveau poste HTB/HTB/HTA (nommé 10-01) qui sera raccordé en coupure sur la liaison HTB Méry – Houdreville ».

La solution de raccordement sera dans tous les cas à définir en concertation avec le gestionnaire de réseau et le maître d'ouvrage une fois l'autorisation environnementale délivrée par le préfet.

4 - 3a Autres réseaux

Le parc éolien de La Crayère 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.

Le planning de chantier ci-dessous présente, à titre indicatif, la durée d'exécution de chaque phase et les actions mises en place.

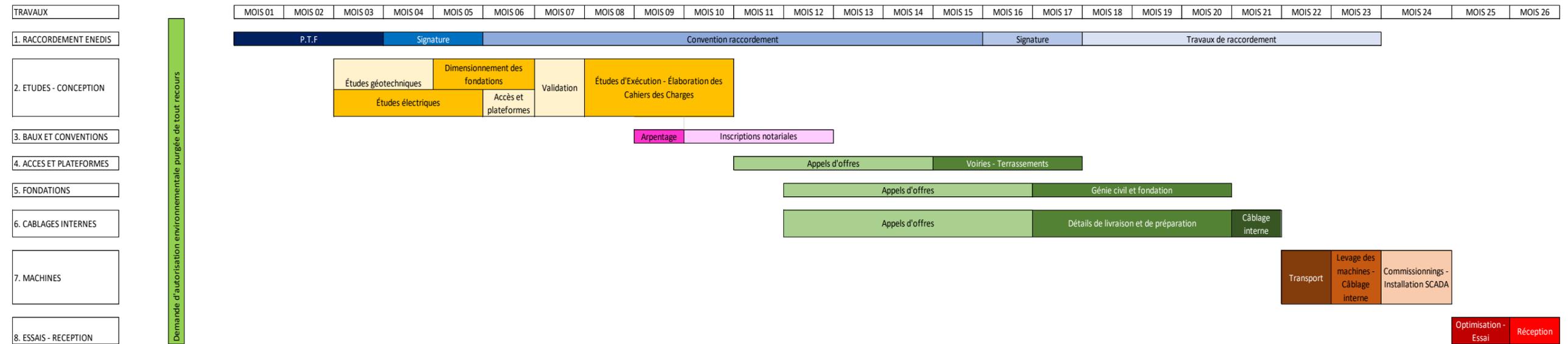


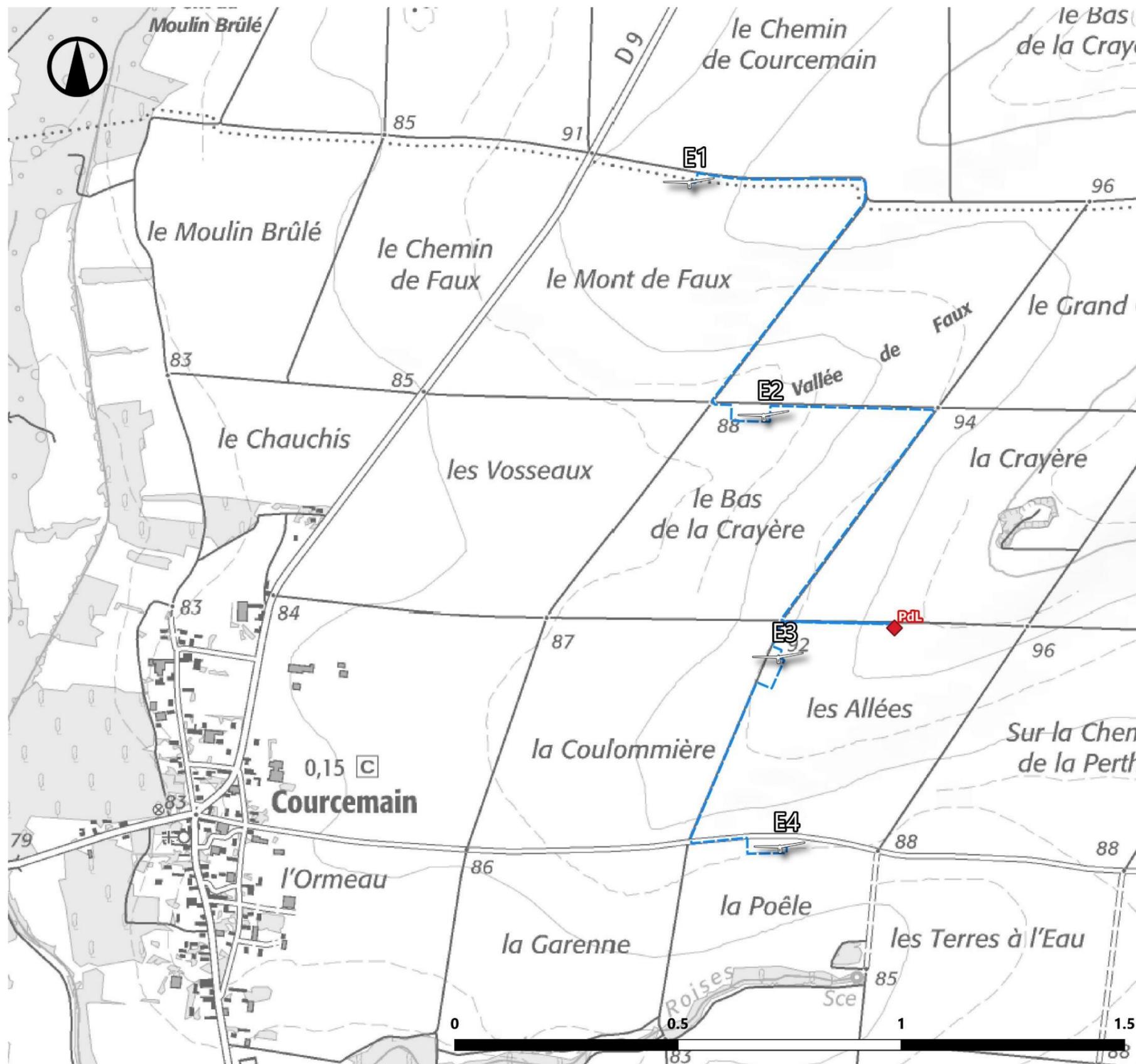
Figure 12 : Planning des travaux (source : ATER Environnement, 2021)

# Raccordement inter-éolien

**ATER** Environnement  
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Février 2023

Source : IGN 25®  
Copie et reproduction interdites



## Légende

Parc éolien de La Crayère

-  Éolienne
-  Poste de livraison
-  Raccordement inter-éolien

Carte 13 : Réseaux électriques internes à l'installation

## 5 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

### 5 - 1 Potentiels de dangers liés aux produits

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien de La Crayère 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...).

L'ensemble de ces produits est listé dans le tableau ci-contre. Aucun brûlage des déchets à l'air libre ne sera réalisé puisqu'interdit.

L'ensemble des substances et produits utilisés répondent aux exigences de la Directive Européenne relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses (*Directive 67/548/CEE du Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses ; modifiée par le nouveau règlement (CE) N° 1272/2008 et la création de l'Agence Européenne des produits chimiques*).

Des Equipements de Protection Individuels appropriés sont mis à disposition par l'employeur afin de protéger les opérateurs contre les risques chimiques générés par l'utilisation de certains produits.

Les dangers représentés par l'utilisation de certains produits ainsi que les mesures de prévention associées sont détaillés dans des instructions à usage interne ainsi que dans les plans de prévention des risques qui sont présents dans les éoliennes et dont les opérateurs prennent connaissance avant toute intervention. La liste des substances et produits utilisés lors des maintenances est disponible sur demande. De plus, un tableau regroupant l'ensemble des produits ainsi que les dangers leur étant associés est disponible sur demande. Des détails plus précis sur ces produits seront apportés au moment de la mise en service de l'installation.

⇒ Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun matériau combustible ou inflammable ne sera stocké dans les éoliennes ou les postes de livraison.

| Code     | Désignation                  | Contenu   | Quantités émises                  | Stockage avant enlèvement | BSD | Opération de traitement  |
|----------|------------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------|-----|--------------------------|
| 13 02 06 | Huiles usagées               | Huiles issues des vidanges lors des opérations de maintenance et de dépannage                         | 500 L / tous les 5 ans / éolienne | Cuve fermée sur rétention | Oui | Régénération             |
| 15 01 01 | Cartons                      | Contenants des produits utilisés lors des maintenances  | -                                 | Container fermé           | Non | Recyclage                |
| 15 01 02 | Emballages plastiques        | Contenants des produits utilisés lors des maintenances  | -                                 | Container fermé           | Non | Recyclage                |
| 15 02 02 | Matériaux souillés           | Chiffons, contenants souillés par de la graisse, de l'huile, de la peinture                           | 250 kg / maintenance              | Bacs fermés sur rétention | Oui | Valorisation énergétique |
| 16 01 07 | Filtres à huile ou carburant | Filtres remplacés lors des opérations de maintenance et de dépannage                                  | 60 kg / maintenance               | Fûts fermés sur rétention | Oui | Recyclage                |
| 16 05 04 | Aérosols                     | Aérosols usagés de peinture, graisse, solvants, etc. utilisés lors des maintenances et dépannages     | 10 kg / maintenance               | Fûts fermés sur rétention | Oui | Traitement               |
| 16 06 01 | Batteries au plomb et acide  | Batteries des équipements électriques et électroniques remplacées lors des maintenances et dépannages | -                                 | Bacs sur rétention        | Oui | Recyclage                |
| 17 04 11 | Câbles alu                   | Câbles électriques remplacés lors des maintenances  | -                                 | Bacs                      | Non | Recyclage                |
| 20 01 35 | DEEE                         | Disjoncteurs, relais, condensateurs, sondes, prises de courant  | 60 kg / maintenance               | Bacs                      | Oui | Recyclage                |
| 20 01 40 | Ferraille                    | Visserie, ferrailles diverses   | -                                 | Bacs                      | Non | Recyclage                |
| 20 03 01 | DIB                          | Equipements de Protection Individuelle usagés, déchets divers (alimentaires, poussières)              | -                                 | Container fermé           | Non | Valorisation énergétique |

BSD / Bordereau de Suivi des Déchets - DEEE / Déchets d'Équipement Électrique et Électronique - DIB / Déchets Industriels Banals  
Tableau 18 : Produits sortants de l'installation (source : ELICIO, 2023)

## 5 - 2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant.

| Installation ou système                           | Fonction   | Phénomène redouté             | Danger potentiel                                     |
|---|--|-------------------------------|--|
| Système de transmission                           | Transmission de l'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   | Transfer 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 19 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012)*

## 5 - 3 Réduction des potentiels de dangers à la source

### 5 - 3a Principales actions préventives

Cette partie explique les choix qui ont été effectués par le porteur de projet au cours de la conception du projet pour réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation.

#### Choix techniques de développement de projet et de conception

Le porteur de projet a effectué plusieurs choix techniques au cours de la conception du projet afin de réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation.

Il a été choisi par le porteur de projet de respecter un éloignement d'au minimum 1 km autour des habitations, soit au-delà des exigences issues de la Loi Grenelle II (500 m). De plus, l'analyse des servitudes qui grèvent le terrain, des contraintes écologiques liées aux boisements notamment et les réponses transmises par les différents services administratifs consultés ont participé au choix de localisation, à la définition des aires d'étude et au choix d'implantation des éoliennes.

Le contexte essentiellement agricole de l'environnement du projet et l'absence d'autres sources de dangers à proximité (ICPE, SEVESO, etc.) réduit la nécessité de mise en œuvre d'autres actions préventives.

Pour ce projet, la réduction des potentiels de danger à la source est donc principalement intervenue par la prise en compte des servitudes techniques présentes sur le site et par le choix d'aérogénérateurs fiables, disposant de systèmes de sécurité performants et conformes à la réglementation en vigueur.

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

- **Produits :**
  - ✓ Aucun stockage dans l'aérogénérateur ou dans les postes électriques ;
  - ✓ Apport de la quantité nécessaire et suffisante uniquement ;
  - ✓ Personnel formé aux risques présentés par les produits utilisés ;
  - ✓ Consignes de sécurité strictes, affichées et connues des employés (interdiction de fumer ou d'apporter une flamme nue, arrêt de l'éolienne lors des opérations de maintenance, équipements de travail adaptés, présence d'équipements de lutte incendie...) ;
  - ✓ La maintenance annuelle prévoit un contrôle des systèmes hydrauliques (fuite, niveaux, etc.) ;
  - ✓ La tour et la nacelle jouent le rôle de rétentions.
- **Installation :**
  - ✓ Conception de la machine (normes et certifications) ;
  - ✓ Maintenance régulière ;
  - ✓ Contrôle des différents paramètres d'exploitation (vent, température, niveau de vibrations, puissance électrique, etc.) ;
  - ✓ Fonctions de sécurité ;
  - ✓ Report des messages d'alarmes au centre de conduite.

## Etude itérative de limitation des impacts

Dans la limite du périmètre de la zone d'implantation (polygone au-delà de 500 mètres des premières habitations et intégrant d'autres contraintes techniques telles que les distances minimales aux routes etc.), un travail important d'itérations conduisant au choix de l'implantation a été engagé, faisant intervenir plusieurs spécialistes (ingénieur éolien, écologue et paysagiste, principalement).

Afin de permettre une implantation harmonieuse du parc, le projet a tenu compte de l'ensemble des sensibilités du site : paysagères, patrimoniales et humaines, biologiques, et enfin techniques, afin de réduire systématiquement les impacts sur les éléments les plus sensibles.

Ce travail itératif doit également tenir compte du foncier, des pratiques agricoles et du ressenti et de l'acceptation locale (propriétaires, exploitants, riverains). Pour le foncier par exemple, bien que des promesses de bail soient signées en amont du projet, le choix de l'implantation se fait en concertation avec les propriétaires et exploitants des terrains. En cas d'opposition de ceux-ci, ce dernier paramètre devient, bien sûr, une contrainte majeure. Toute solution retenue résulte alors d'un compromis et cette question doit être prise en compte pour définir des variantes réalistes.

Compte tenu de la configuration de la zone d'étude, trois variantes d'implantation ont été étudiées. Un cheminement itératif a été mené par le porteur de projet ayant conduit à la définition d'une variante de moindre impact. En effet, la connaissance du site et des contraintes locales se sont affinées avec l'avancée progressive des résultats des études de terrain et les démarches de concertation, ce qui a permis de faire évoluer les projets d'implantation pour limiter les impacts du parc sur son environnement. Ce sont ensuite les expertises naturaliste, paysagère, acoustique et énergétique qui permettent d'affiner la conception du projet.

La variante finale comporte 4 éoliennes et respecte un maximum de contraintes écologiques et paysagères.

## 5 - 3b 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

L'objectif de ce chapitre de l'étude de dangers est de rappeler les différents incidents et accidents qui sont survenus dans la filière éolienne, afin d'en faire une synthèse en vue de l'analyse des risques pour l'installation et d'en tirer des enseignements pour une meilleure maîtrise du risque dans les parcs éoliens.

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, 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 - 1 Inventaire des accidents et incidents en France

#### 6 - 1a Base de données

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

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

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

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

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de 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.

#### 6 - 1b Bilan accidentologie matériel

Selon la base ARIA recensant les accidents technologiques, un total de plus d'une centaine d'incidents a pu être recensé entre 2000 et 2023 (voir tableau ci-après listant les accidents survenus en France). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

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

Le graphique ci-après montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. L'identification des causes est nécessairement réductrice. 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. Elle est représentée 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. Elle est représentée par des histogrammes de couleur claire.

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les effondrements, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne dont la cause principale tient aux tempêtes.

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

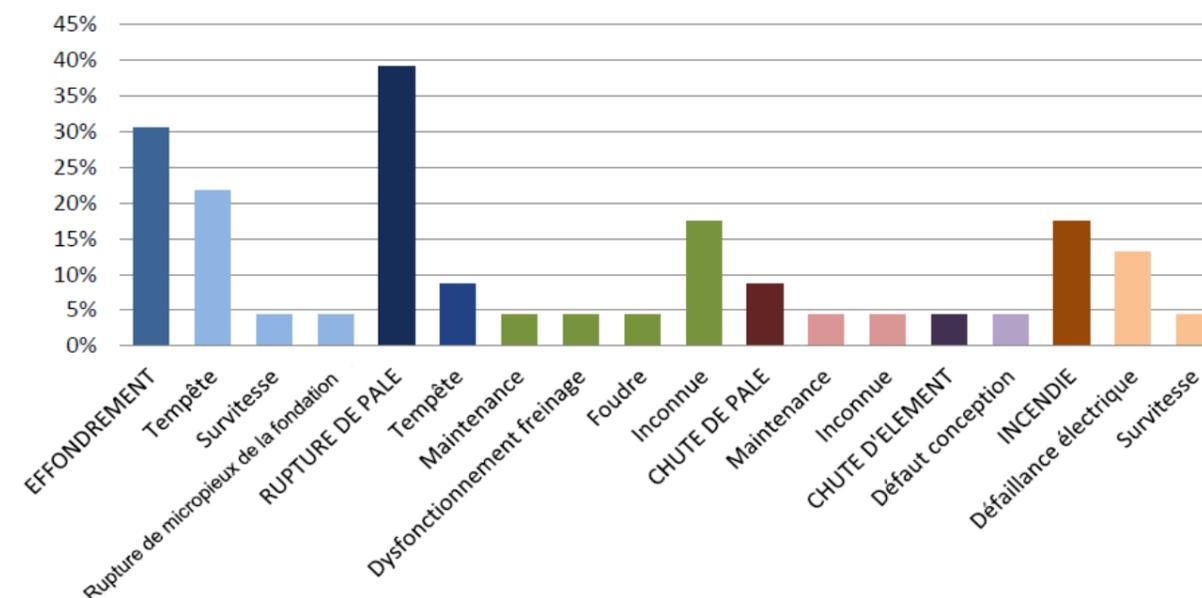


Figure 13 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2011)

| Date       | Localisation                                 | Incident  |
|------------|--|---|
| 2000       | Port la Nouvelle (Aude)                      | Le mât d'une machine de la ferme éolienne s'est plié lors d'une tempête, suite à la perte d'une pale  |
| 2001       | Sallèles-Limousis (Aude)                     | Bris de pale dont la cause n'est pas connue   |
| 01/02/2002 | Wormhout (Nord)                              | Bris de pale et mat plié à la suite d'une tempête   |
| 25/02/2002 | Sallèles-Limousis (Aude)                     | Bris de pale sur une éolienne bipale, lors d'une tempête  |
| 01/07/2002 | Port la Nouvelle – Sigean (Aude)             | Electrocution et brûlures d'un opérateur par contact avec une partie sous haute tension d'un transformateur   |
| 28/12/2002 | Nevian (Aude)                                | Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage lors d'une tempête  |
| 05/11/2003 | Sallèles-Limousis (Aude)                     | Bris de pales sur 3 éoliennes lié à un dysfonctionnement du système de freinage   |
| 2004       | Escales-Conilhac (Aude)                      | Bris des trois pales  |
| 02/01/2004 | Le Portel - Boulogne-sur-mer (Pas-de-Calais) | Cassure du mât d'une éolienne et chute de plusieurs pales - Défaut de serrage des boulons servant à relier 2 tronçons du mât (défaillance d'entretien)  |
| 20/03/2004 | Loon Plage - port de Dunkerque               | Une éolienne est abattue par le vent : le mât et une partie de sa fondation ont été arrachés. Cause non identifiée.   |
| 22/06/2004 | Pleyber-Christ (Finistère)                   | Premier incident : une pale se brise par vent fort  |
| 08/07/2004 | Pleyber-Christ (Finistère)                   | Deuxième incident : une autre pale se brise par vent fort   |
| 2005       | Wormhout (Nord)                              | Bris de pale  |
| 22/12/2005 | Montjoyer-Rochefort (Drôme)                  | Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne en raison de vents forts et d'un dysfonctionnement du système de freinage.  |
| 07/10/2006 | Pleyber-Christ (Finistère)                   | Troisième incident : une éolienne perd une pale   |
| 18/11/2006 | Roquetaillade (Aude)                         | Incendie de 2 éoliennes – Acte de malveillance  |
| 03/12/2006 | Bondues (Nord)                               | Effondrement d'une éolienne en zone industrielle, relatif à une tempête   |
| 31/12/2006 | Ally (Haute-Loire)                           | Chute de pale lors de la maintenance visant à remplacer les rotors  |
| 02/03/2007 | Clitours (Manche)                            | Bris de pale de 4 m de long, projeté à plus de 200 mètres   |
| 11/10/2007 | Plouvien (Finistère)                         | Chute d'un élément de la nacelle (la trappe de visite)  |
| Mars 2008  | Dinéault (Finistère)                         | Emballement de l'éolienne (sans bris de pale associé) lors d'une tempête – dysfonctionnement du système de freinage   |
| Avril 2008 | Plouguin (Finistère)                         | Collision d'un petit avion avec une éolienne, sans gravité pour le pilote amateur, vraisemblablement à cause des mauvaises conditions météo l'obligeant à voler au-dessous de l'altitude autorisé |
| 19/07/2008 | Erizée-la-Brulée (Meuse)                     | Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre et un défaut de pale  |
| 28/08/2008 | Vauvillers (Somme)                           | Incendie de la nacelle relatif à problème au niveau d'éléments électroniques  |
| 26/12/2008 | Raival (Meuse)                               | Chute de pale – cause inconnue  |
| 26/01/2009 | Clastres (Aisne)                             | Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance suite à l'explosion d'un convertisseur  |
| 08/06/2009 | Bollène (Vaucluse)                           | Bout de pale éolienne ouverte liée à un coup de foudre  |
| 21/10/2009 | Froidfond – Espinassière (Vendée)            | Incendie de la nacelle – cause inconnue   |
| 30/10/2009 | Freyssenet (Ardèche)                         | Incendie de la nacelle relatif à court-circuit faisant suite à une opération de maintenance   |
| 20/04/2010 | Toufflers (Nord)                             | Décès d'un technicien (crise cardiaque) au cours d'une opération de maintenance   |
| 30/05/2010 | Port la Nouvelle (Aude)                      | Effondrement d'une éolienne – Rotor endommagé par survitesse  |

| Date       | Localisation                           | Incident   |
|------------|--|--|
| 19/09/2010 | Rochefort-en-Valdaine (Drôme)          | Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles lors d'une tempête et relatif à un dysfonctionnement du système de freinage   |
| 15/12/2010 | Pouillé-les-Côteaux (Loire-Atlantique) | Chute de 3 m d'un technicien de maintenance. Aucune blessure grave   |
| 31/05/2011 | Mesvres (Saône-et-Loire)               | Collision entre train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne. Aucun blessé  |
| 14/12/2011 | Non communiqué                         | Rupture de pale liée à la foudre   |
| 03/01/2012 | Non communiqué                         | Acte de vandalisme : départ de feu au pied de tour   |
| 05/01/2012 | Widehem (Pas-de-Calais)                | Bris de pales – Projection à 380 m   |
| 06/02/2012 | Lehaucourt (Aisne)                     | Opération de maintenance dans la nacelle - un arc électrique (690V) blesse deux sous-traitants (brulure sérieuse au visage et aux mains)   |
| 18/05/2012 | Fresnay l'Evêque (Eure)                | Chute d'une pale au pied d'une éolienne et rupture du roulement qui raccordait la pale au hub  |
| 30/05/2012 | Port-la-Nouvelle (Aude)                | Chute d'une éolienne liée à des rafales de vent de 130 km/h – Eolienne de 1991, tour en treillis (200 kW)  |
| 01/11/2012 | Vieillespesse (Cantal)                 | Projection d'un élément de la pale à 70 m du mât pour une éolienne de 2,5 MW   |
| 05/11/2012 | Sigean (Aude)                          | Feu sur une éolienne de 660 KW entraînant une chute de pale et enflammant 80 m <sup>2</sup> de garrigue environnante   |
| 06/03/2013 | Conilhac-de-la-Montagne (Aude)         | Chute d'une pale liée à un problème de fixation entraînant un arrêt automatique de l'éolienne (détection d'échauffement + vitesse de rotation excessive)   |
| 17/03/2013 | Euvy (Marne)                           | Incendie dans une nacelle conduisant à la chute d'une pale et une fuite de 450 L d'huile en provenance du multiplicateur. L'origine du feu est liée à une défaillance électrique. Le feu a été maîtrisé en 1 heure |
| 01/07/2013 | Cambon-et-Salvergues (Hérault)         | Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement. Ses voies respiratoires ont également été atteintes lors de l'accident                 |
| 03/08/2013 | Moreac (Morbihan)                      | Perte de 270 L d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice intervenant sur une éolienne – pollution du sol sur 80 m <sup>2</sup>  |
| 09/01/2014 | Anthény (Ardennes)                     | Feu dans une nacelle au niveau de la partie moteur   |
| 20/01/2014 | Sigean (Aude)                          | Chute d'une pale au pied d'une éolienne suite à un défaut de vibration   |
| 14/11/2014 | Saint-Cirgues-en-Montagne (Ardèche)    | Chute d'une pale d'éolienne  |
| 05/12/2014 | Fitou (Aude)                           | Chute d'une pale d'éolienne  |
| 29/01/2015 | Remigny (Aisne)                        | Feu d'éolienne   |
| 06/02/2015 | Lusseray (Deux-Sèvres)                 | Feu d'éolienne   |
| 24/08/2015 | Santilly (Eure-et-Loir)                | Incendie d'une éolienne  |
| 10/11/2015 | Mesnil-la-Horgne (Meuse)               | Chute du rotor   |
| 07/02/2016 | Conilhac-Corbières (Aude)              | Chute de l'aérofrein d'une pale  |
| 08/02/2016 | Dinéault (Finistère)                   | Chute d'une pale et déchirement d'une autre lors d'une tempête   |
| 07/03/2016 | Calanhel (Côtes-d'Armor)               | Chute d'une pale   |
| 28/05/2016 | Janville (Eure-et-Loir)                | Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne entraînant une fuite d'huile  |
| 18/08/2016 | Dargies (Oise)                         | Feu dans une éolienne  |
| 18/08/2016 | Hescamps (Oise)                        | Feu dans une éolienne  |

| Date       | Localisation                                    | Incident  |
|------------|---|---|
| 14/09/2016 | Les Grandes Chapelles (Aube)                    | Electrisation d'un employé dans une éolienne                  |
| 11/01/2017 | Le Quesnoy (Nord)                               | Fissure sur une pale d'éolienne                               |
| 12/01/2017 | Tuchan (Aude)                                   | Rupture des pales d'une éolienne                              |
| 18/01/2017 | Nurlu (Somme)                                   | Chute d'une pale d'une éolienne                               |
| 27/02/2017 | Trayes (Deux-Sèvres)                            | Chute d'un élément d'une pale d'éolienne                      |
| 27/02/2017 | Lavallée (Meuse)                                | Rupture d'une pale d'éolienne                                 |
| 06/06/2017 | Allones (Sarthe)                                | Feu dans la nacelle d'une éolienne                            |
| 08/06/2017 | Aussac-Vadalle (Charente)                       | Chute de pale d'éolienne due à la foudre                      |
| 24/06/2017 | Conchy/Canches (Pas-de-Calais)                  | Chute d'une pale  |
| 17/07/2017 | Fécamp (Seine-Maritime)                         | Chute d'un aérofrein d'une éolienne                           |
| 24/07/2017 | Mauron (Morbihan)                               | Fuite d'huile sur une éolienne                                |
| 05/08/2017 | Priez (Aisne)                                   | Détachement d'une pale  |
| 26/10/2017 | Vaux-les-Mouzon (Ardennes)                      | Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance |
| 08/11/2017 | Roman (Eure)                                    | Chute du carénage d'une éolienne                              |
| 01/01/2018 | Bouin (Vendée)                                  | Chute d'une éolienne lors de la tempête Carmen                |
| 04/01/2018 | Nixeville-Blercourt (Meuse)                     | Chute d'une pale d'éolienne                                   |
| 06/02/2018 | Conilhac-Corbères (Aude)                        | Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne                    |
| 02/08/2018 | Izenave (Ain)                                   | Incendie d'une éolienne                                       |
| 06/11/2018 | Guigneville (Loiret)                            | Chute d'une éolienne  |
| 19/11/2018 | Sommette-Eaucourt, Ollezy et Cugny (Aisne)      | Chute d'une pale  |
| 02/01/2019 | La Limouzinière (Loire-Atlantique)              | Feu dans la nacelle d'une éolienne                            |
| 17/01/2019 | Bambiderstroff (Moselle)                        | Chute d'un morceau de pale                                    |
| 23/01/2019 | Boutavent (Oise)                                | Le mât d'une éolienne se plie                                 |
| 30/01/2019 | Roquetaillade et Conilhac-de-la-Montagne (Aude) | Chute d'une pale  |
| 18/06/2019 | Quesnoy-sur-Airaines (Somme)                    | Incendie sur une éolienne                                     |
| 27/06/2019 | Charly-sur-Marle (Aisne)                        | Chute d'un bout de pale d'une éolienne                        |
| 25/06/2019 | Ambon (Morbihan)                                | Feu dans la nacelle d'une éolienne                            |
| 27/06/2019 | Charly-sur-Marne (Aisne)                        | Chute d'un bout de pale                                       |
| 04/09/2019 | Escales (Aude)                                  | Chute d'aérofreins en bout de pale d'une éolienne             |
| 28/11/2019 | Hangest-en-Santerre (Somme)                     | Chute du capot d'une éolienne                                 |
| 09/12/2019 | Forêt-de-Tessé (Charente)                       | Bris d'une pale   |
| 16/12/2019 | Poinville (Eure-et-Loir)                        | Incendie des gaines électriques d'une nacelle                 |
| 17/12/2019 | Ambonville (Haute-Marne)                        | Feu en pied d'éolienne (défaillance électrique)               |
| 22/01/2020 | Saint-Seine-L'Abbaye (Côte-d'Or)                | Chute d'un joint de pale d'une éolienne                       |
| 09/02/2020 | Beaurevoir (Aisne)                              | Rupture d'une pale d'éolienne lors du passage d'une tempête   |
| 09/02/2020 | Wancourt (Pas-de-Calais)                        | Endommagement d'une nacelle d'éolienne lors d'une tempête     |
| 26/02/2020 | Theil-Rabier (Charente)                         | Rupture d'une pale sur une éolienne                           |
| 29/02/2020 | Boisbergues (Somme)                             | Incendie sur une éolienne                                     |
| 24/03/2020 | Flavin (Aveyron)                                | Incendie d'une nacelle d'une éolienne                         |
| 30/03/2020 | Poiseul-la-Ville-et-Laperrière (Côte d'or)      | Arrêt d'éoliennes à la suite de décès d'oiseaux               |
| 31/03/2020 | Lehaucourt (Aisne)                              | Dégradation avérée de la structure d'une éolienne             |

| Date       | Localisation                    | Incident  |
|------------|---------------------------------|---|
| 10/04/2020 | Ruffiac (Morbihan)              | Écoulement d'huile hydraulique le long d'une éolienne     |
| 20/04/2020 | Le Vauclin (Martinique)         | Incendie d'une éolienne au sol pour démantèlement         |
| 30/04/2020 | Plouarzel (Finistère)           | Pliure d'une éolienne                                     |
| 07/06/2020 | Lehaucourt (Aisne)              | Fuite d'huile hydraulique sur une éolienne                |
| 27/06/2020 | Plemet (Côtes-d'Armor)          | Chute au sol d'une pale complète d'éolienne               |
| 01/08/2020 | Issanlas (Ardèche)              | Dégagement de fumée en nacelle d'une éolienne             |
| 01/09/2020 | Bouchy-Saint-Genest (Marne)     | Fuite d'huile sur une éolienne                            |
| 11/12/2020 | Charmont-en-Beauce (Loiret)     | Fuite d'huile sur une éolienne                            |
| 12/01/2021 | Saint-Georges-sur-Arnon (Indre) | Chute d'une pale d'éolienne                               |
| 12/02/2021 | Priez (Aisne)                   | Casse d'une pale d'une éolienne                           |
| 13/02/2021 | Patay (Loiret)                  | Chute d'une pale d'éolienne                               |
| 30/08/2021 | Moreac (56)                     | Déversement d'huile dans un parc éolien                   |
| 14/09/2021 | Treilles (11)                   | Défauts sur un rotor d'éolienne                           |
| 12/10/2021 | Betheniville (51)               | Fuite d'huile sur une éolienne                            |
| 18/10/2021 | Montagne-Fayel (80)             | Fuite d'huile dans un parc éolien                         |
| 20/10/2021 | Coole (51)                      | Chute d'un élément en fibre d'une éolienne                |
| 21/10/2021 | Auchay-sur-Vendée (85)          | Casse d'une pale d'éolienne                               |
| 03/12/2021 | La Souterraine (23)             | Chute d'une pale d'éolienne                               |
| 24/12/2021 | Fecamp (76)                     | Chute d'un aérofrein d'une éolienne                       |
| 03/02/2022 | Noirlieu (51)                   | Fuite d'huile sur une éolienne                            |
| 10/02/2022 | Oresmaux (80)                   | Fuite d'huile sur une éolienne                            |
| 24/02/2022 | France et Europe                | Eoliennes touchées par une cyberattaque                   |
| 01/04/2022 | Ondefontaine (14)               | Panne informatique dans un parc éolien                    |
| 02/04/2022 | Saint-Félix-Lauragais (31)      | Casse de la pale d'une éolienne                           |
| 27/04/2022 | Riols (34)                      | Fuite d'huile dans un parc éolien                         |
| 30/04/2022 | Roquetaillade-et-Conilhac (11)  | Chute d'une pale d'éolienne                               |
| 29/05/2022 | Assac (81)                      | Déversement d'huile de multiplicatrice sur un parc éolien |
| 05/08/2022 | Pont-Melvez (22)                | Feu sur une éolienne                                      |
| 22/08/2022 | Coole (51)                      | Feu sur une éolienne                                      |

*Tableau 20 : Liste des incidents intervenus en France (source : Base de données ARIA, mise à jour 22/05/2023)*

## 6 - 1c Bilan accidentologie humaine

Le bilan de l'accidentologie humaine indique que depuis 23 ans environ, en France :

- Aucun tiers, extérieur au parc, n'a été blessé ou tué ;
- Les personnes blessées sont toutes du personnel de maintenance. Dix accidents sont à déplorer conduisant à neuf blessés et trois décès.

| Année | Nb. Individu | Blessure  | Cause  |
|-------|--------------|---|--|
| 2002  | 1            | Electrocution et brulure                            | Contact avec le transformateur   |
| 2009  | 2            | Brûlure   | Explosion du convertisseur   |
| 2010  | 1            | Décès   | Crise cardiaque  |
| 2010  | 1            | Blessure légère                                     | Chute de 3 m dans la nacelle   |
| 2011  | 1            | Décès   | Ecrasement lors du levage d'éléments d'éolienne  |
| 2012  | 2            | Brûlure   | Arc électrique   |
| 2013  | 1            | Fracture du nez et atteinte des voies respiratoires | Projection d'un embout d'alimentation du réservoir d'azote sous pression et jet de gaz au visage |
| 2016  | 1            | Brûlure   | Arc électrique   |
| 2017  | 1            | Décès   | Sangle du harnais happée par l'ascenseur   |
| 2019  | 1            | Electrisation légère                                | Electrisation lors d'une opération de maintenance  |

Tableau 21 : Liste des accidents humains inventoriés

⇒ A ce jour, en France, aucun accident affectant des tiers ou des biens appartenant à des tiers n'est à déplorer. Les seuls accidents de personne recensés en France relèvent de la sécurité du travail dans des locaux où des appareils à haute tension sont en service ou lors de phases de construction et de maintenance.

## 6 - 2 Inventaire des accidents et incidents à l'international

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

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. 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. Tout comme pour le retour d'expérience français, ce retour d'expérience montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents. Il souligne également le rôle de la foudre dans les accidents.

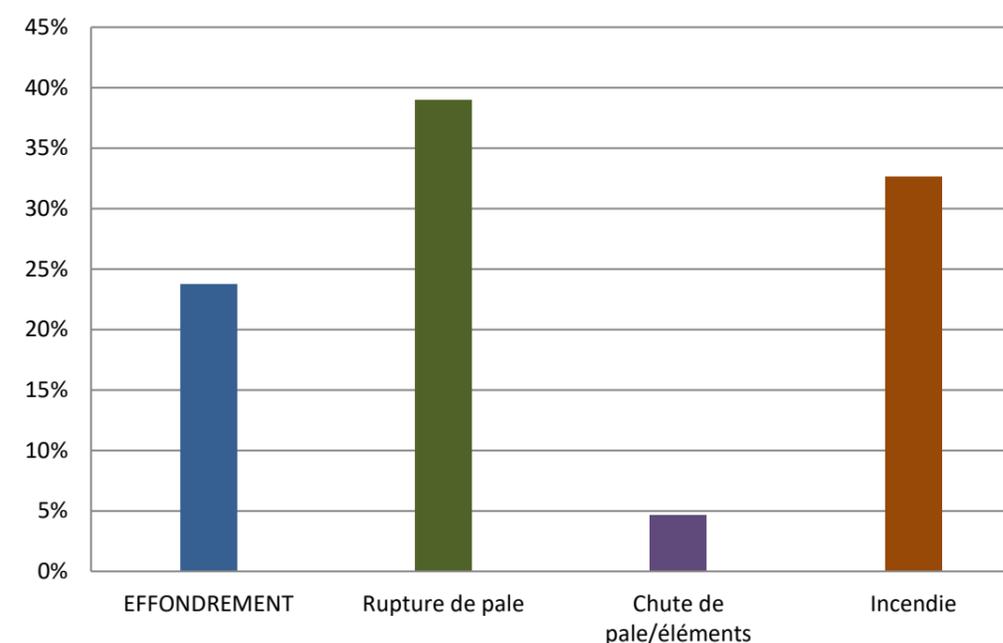
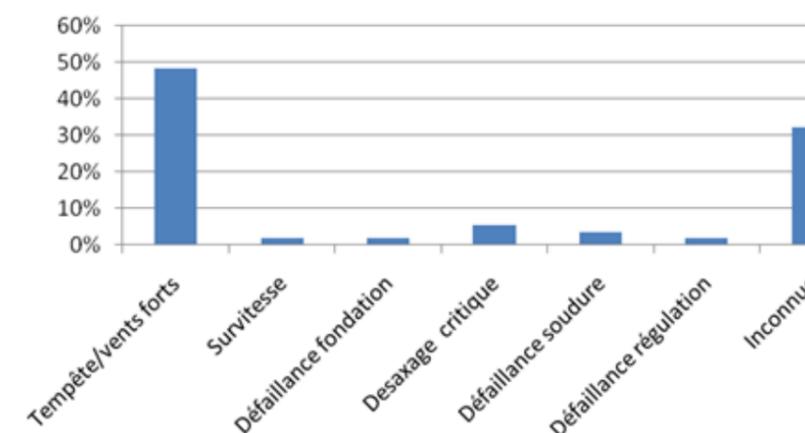
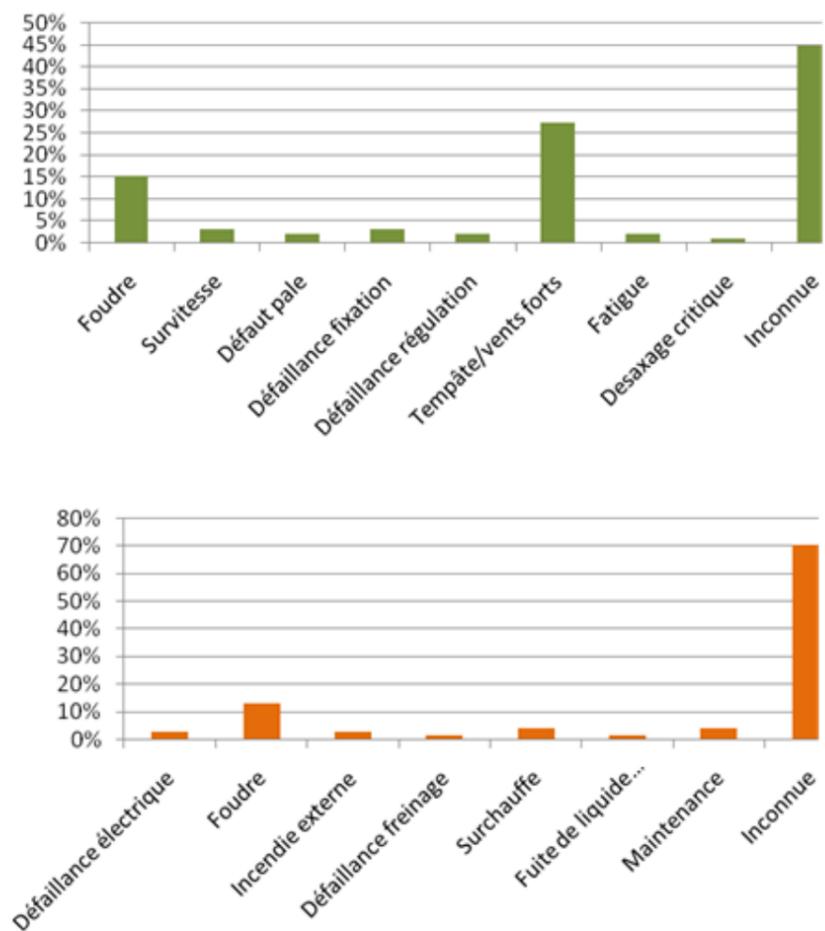


Figure 14 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)





Répartition des causes premières, dans l'ordre d'apparition des graphiques :

- Effondrement ;
- Rupture de pale ;
- Incendie.

Figure 15: Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial  
(source : SER/FEE/INERIS, 2012)

## 6 - 3 Inventaire des accidents et incidents survenus sur les sites de l'exploitant

La société ELICIO recense deux accidents dans les parcs éoliens dont elle est responsable de l'exploitation. Ils sont détaillés dans le tableau suivant.

| Type d'accident | Date       | Nom du parc / commune | Département | Description sommaire de l'accident et dégâts   | Cause probable de l'accident  | Source de l'information |
|-----------------|------------|-----------------------|-------------|--|---|-------------------------|
| Fuite d'huile   | 17/10/2018 | Flers-sur-Noye        | Somme       | Détection d'une fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. 150 L d'huiles sont récupérés. L'exploitant du parc éolien estime que 50 l ont été perdus. Sous l'effet du vent, la zone impactée (pied de l'éolienne et terrains cultivés adjacents) est de 2 000 m <sup>2</sup> . Une partie des cultures est perdue. Les terres polluées sont décapées sur une dizaine de cm. Elles sont stockées sur une bâche étanche avant leur retraitement. De la terre végétale est mise en œuvre pour permettre la reprise de l'activité agricole. Un contrôle des prochaines récoltes est planifié. | Erreur de maintenance : filtre mal serré et contrôle non effectué.            | Base de données ARIA    |
| Fuite d'huile   | 10/04/2020 | Ruffiac               | Morbihan    | Une entreprise responsable de la maintenance d'un parc éolien constate une fuite d'huile hydraulique au niveau de la nacelle d'une éolienne. 40 L d'huiles'écoulent le long du mât jusqu'au massif de fondation. L'exploitant du parc est alerté. Il mandate la société de maintenance afin de réaliser le nettoyage des zones affectées. Il n'y a pas d'atteinte du sol.  | L'origine de la fuite est un défaut au niveau de l'accumulateur de l'éolienne | Base de données ARIA    |

*Tableau 22 : Accidents recensés dans les parcs exploités par la société ELICIO (source : ELICIO, 2023)*

## 6 - 4 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

### 6 - 4a Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

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

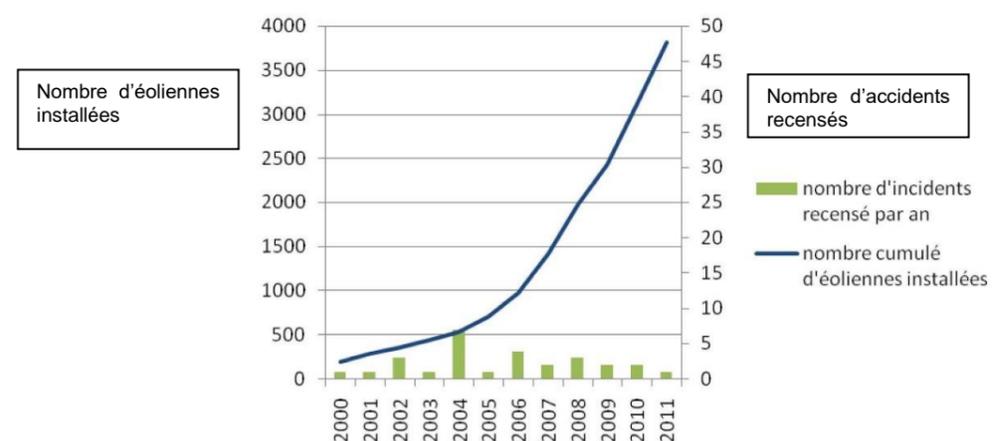


Figure 16 : Évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (INERIS/SER/FEE, 2012)

### 6 - 4b Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

Comme le montre l'arbre de défaillance, de nombreux phénomènes peuvent être à l'origine d'incidents et d'accidents. Toutefois, la tempête (vent fort) associée à un dysfonctionnement du système de freinage est l'une des principales causes.

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

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

## 6 - 5 Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

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

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



## 7 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

### 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) basé sur un questionnaire 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 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. 214-212 du Code de l'Environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214-213 du même code ;
- Actes de malveillance.

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

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

### 7 - 3 Recensement des agressions externes potentielles

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

#### 7 - 3a Agressions externes liées aux activités humaines

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines. Seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 m constituent des agressions potentielles (à l'exception des autres aérogénérateurs, recensés dans un rayon plus large de 500 mètres, et des aérodromes recensés dans un rayon de 2 km).

| Infrastructure                                   | Voies de circulation   | Aérodrome                                      | Ligne THT                   | Autres aérogénérateurs                       |
|--|--|--|-----------------------------|--|
| <b>Fonction</b>                                  | Transport  | Transport aérien                               | Transport d'électricité     | Production d'électricité                     |
| <b>Événement redouté</b>                         | Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules  | Chute d'aéronef                                | Rupture de câble            | Accident générant des projections d'éléments |
| <b>Danger potentiel</b>                          | Energie cinétique des véhicules et flux thermiques   | Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique | Arc électrique, surtensions | Energie cinétique des éléments projetés      |
| <b>Périmètre</b>                                 | <b>200 m</b>   | <b>2 000 m</b>                                 | <b>200 m</b>                | <b>500 m</b>                                 |
| <b>Distance par rapport au mât des éoliennes</b> | E1<br>24 m Cr n°2<br>E2<br>25 m Cr n°4<br>108 m Cr n°3<br>E3<br>24 m Cr n°7<br>82 m Cr n°6<br>82 m Cr n°5<br>E4<br>25 m Cr n°8<br>192 m Cr n°7 | -  | -                           | -  |

Tableau 23 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines – Cr : Chemin rural (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

## 7 - 3b Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

| Agression externe                        | Intensité  |
|--|--|
| Tempête                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Risque modéré dans le département.</li> </ul>   |
| Foudre                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Densité de foudroiement : 1,8 impacts de foudre par an et par km<sup>2</sup> contre 2,0 en moyenne nationale ;</li> <li>Respect de la norme IEC 61400-24 (Juillet 2019) et EN 62305-3 (Décembre 2012).</li> </ul> |
| Glissement de sols / Affaissement minier | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aléa nul à faible de retrait et gonflement des argiles ;</li> <li>Cavité : Aucune cavité n'est présente dans le périmètre d'étude de dangers.</li> </ul>  |

*Tableau 24 : Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : INERIS/SER/FEE, 2012)*

*Remarque :* Comme il a été précisé précédemment, les agressions externes liées à des inondations, à des incendies de forêts ou de cultures ou à des séismes ne sont pas considérées dans ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène lui-même.

Le cas spécifique des effets directs du risque de tension 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 (Juillet 2019) ou la norme EN 62305-3 (Décembre 2012) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 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 incendie, etc.). En effet, le système de mise à 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

Après avoir recensé, dans un premier temps, les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux (voir paragraphes 5.1 et 5.2), l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

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

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

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

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

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

*Remarque :* Le tableau ci-après présentant le résultat d'une analyse de risque est considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes. Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en Annexe 1 de la présente étude.

| N°  | Evénement initiateur  | Evénement intermédiaire  | Evénement 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 de la formation de glace sur les pales (N°1)   | Impact de glace sur les enjeux   | 2                                |
| I01 | Humidité / Gel  | Court-circuit  | Incendie de tout ou partie de l'éolienne                    | Prévenir les courts-circuits (N°5)  | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie                               | 2                                |
| I02 | Dysfonctionnement électrique  | Court-circuit  | Incendie de tout ou partie de l'éolienne                    | Prévenir les courts-circuits (N°5)<br>Prévenir les effets de la foudre (N°6)<br>Protection et intervention incendie (N°7) | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie                               | 2                                |
| I03 | Survitesse  | Echauffement des parties mécaniques et inflammation                                | Incendie de tout ou partie de l'éolienne                    | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)<br>Prévenir la survitesse (N°4)                          | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie                               | 2                                |
| I04 | Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification      | Echauffement des parties mécaniques et inflammation                                | Incendie de tout ou partie de l'éolienne                    | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)  | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie                               | 2                                |
| I05 | Conditions climatiques humides  | Surtension   | Court-circuit   | Prévenir les courts-circuits (N°5)<br>Protection et intervention incendie (N°7)   | Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6)<br>Propagation de l'incendie | 2                                |
| I06 | Rongeur   | Surtension   | Court-circuit   | Prévenir les courts-circuits (N°5)<br>Protection et intervention incendie (N°7)   | Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6)<br>Propagation de l'incendie | 2                                |
| I07 | Défaut d'étanchéité   | Perte de confinement   | Fuites d'huile isolante                                     | Prévention et rétention des fuites (N°8)  | Incendie au poste de transformation<br>Propagation de l'incendie                                 | 2                                |
| F01 | Fuite système de lubrification<br>Fuite convertisseur<br>Fuite transformateur | 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                                |

| N°  | Evénement initiateur                                   | Evénement intermédiaire                      | Evénement redouté central               | Fonction de sécurité (intitulé générique)  | Phénomène dangereux                     | Qualification de la zone d'effet |
|-----|--|--|---|--|---|----------------------------------|
| C01 | Défaut de fixation                                     | Chute de trappe                              | Chute d'élément de l'éolienne           | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)<br>Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)                                   | Impact sur cible                        | 1                                |
| C02 | Défaillance fixation anémomètre                        | Chute anémomètre                             | Chute d'élément de l'éolienne           | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)   | Impact sur cible                        | 1                                |
| 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 de la pale | Prévenir la survitesse (N°4)   | Impact sur cible                        | 2                                |
| P02 | Fatigue Corrosion                                      | Chute de fragment de pale                    | Projection de tout ou partie de la pale | Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12)   | Impact sur cible                        | 2                                |
| P03 | Serrage inapproprié<br>Erreur maintenance – desserrage | Chute de fragment de pale                    | Projection de tout ou partie de la 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                                |
| E03 | 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                                |
| E04 | 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                                |
| E05 | Vents forts  | Défaillance fondation                        | Effondrement éolienne                   | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)<br>Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11) | Projection/chute fragments et chute mât | 2                                |
| E06 | Fatigue  | Défaillance mât                              | Effondrement éolienne                   | Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12)   | Projection/chute fragments et chute mât | 2                                |
| E07 | Désaxage critique du rotor                             | Impact pale – mât                            | Effondrement éolienne                   | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)<br>Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)                                    | Projection/chute fragments et chute mât | 2                                |

Tableau 25 : Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

## 7 - 5 Effets dominos sur les ICPE

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 ».

On peut distinguer deux types d'effets dominos : **les effets dominos impactant les éoliennes** et **ceux créés par les éoliennes**.

### Effets dominos impactant les éoliennes

Les effets dominos créés par l'extérieur et susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans les tableaux d'analyse des risques génériques présentés ci-avant (crash d'aéronef, usines extérieures, etc.).

### Effets dominos créés par les éoliennes

Les effets dominos créés par le parc éolien interviennent lorsqu'un accident ayant lieu sur une des éoliennes impacte une usine voisine, une route très passante, etc.

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 ».

Deux types d'installation sont recensés à proximité et composent le parc éolien de La Crayère :

- Les éoliennes du parc éolien de La Crayère ;
- Les deux postes de livraison.

Les actions de maintenances spécifiques aux éoliennes et aux postes de livraison sont très ponctuelles et limitées dans le temps. De plus, certaines d'entre-elles ne nécessitent pas une intervention sur le terrain et peuvent s'effectuer à distance. De ce fait, l'enjeu humain au niveau de ces éléments peut être considéré identique à celui qui est observé sur les terrains non bâtis.

L'enjeu matériel concerne les éléments eux-mêmes, qui pourraient être détériorés (suite à la chute d'un élément de l'aérogénérateur, la chute d'un morceau de glace, la chute de l'aérogénérateur ou la projection d'un morceau de glace ou de pale ou d'une pale), ainsi que les cultures aux alentours de ces derniers, qui pourraient être également détériorées en cas d'incendie.

On limite l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 m (source : INERIS/SER/FEE, Mai 2012). Or, dans le périmètre d'étude de dangers, aucune éolienne du parc éolien de La Crayère ne se trouve à moins de 100 m d'une éolienne d'un parc en service ou de toute autre installation ICPE.

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

⇒ **Aucun effet domino n'est envisagé. L'enjeu humain lié à ce risque est donc faible.**

## 7 - 6 Mise en place des mesures de sécurité

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

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc éolien de La Crayère. 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 »). Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance à travers les questions suivantes :
  - ✓ Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur ;
  - ✓ Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ?
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
  - ✓ Une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
  - ✓ Une seconde mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée. En cas de doute sur une mesure de maîtrise des risques, une note de calcul de dimensionnement peut être produite ;
- **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.

*Remarque 1* : Pour certaines mesures de maîtrise des risques, certains de ces critères peuvent ne pas être applicables. Il convient alors de renseigner le critère correspondant avec l'acronyme « NA » (Non Applicable).

*Remarque 2* : Certaines mesures de maîtrise des risques ne remplissent pas les critères « efficacité » ou « indépendance » : elles ont une fiabilité plus faible que d'autres mesures de maîtrise des risques. Celles-ci peuvent néanmoins être décrites dans le tableau ci-dessous dans la mesure où elles concourent à une meilleure sécurité sur le site d'exploitation.

| N° de la fonction de sécurité : 1 | Prévenir de la formation de glace sur les pales de l'éolienne  | N° de risque concerné : GO2 |
|-----------------------------------|--|-----------------------------|
| Mesures de sécurité               | Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur.<br>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.<br>Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.                         |                             |
| Indépendance                      | Non.<br>Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés. |                             |
| Temps de réponse                  | Immédiat<br>(L'alarme est déclenchée dès que le capteur est gelé ou détecte de la neige.)  |                             |
| Efficacité Tests                  | 100 %<br>Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne  |                             |
| Maintenance                       | Vérification permanente de l'état du système puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.   |                             |

| N° de la fonction de sécurité : 2 | Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace  | N° de risque concerné : GO1 |
|-----------------------------------|--|-----------------------------|
| Mesures de sécurité               | Panneautage en pied de machine.<br>Eloignement des zones habitées et fréquentées.  |                             |
| Description                       | Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'article 10 de l'arrêté du 22 juin 2020). |                             |
| Indépendance                      | Oui  |                             |
| Temps de réponse                  | NA   |                             |
| Efficacité                        | 100 %.<br>Il est considéré 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.  |                             |

| N° de la fonction de sécurité : 3 | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques   | N° de risque concerné : I03/I04 |
|-----------------------------------|--|---------------------------------|
| Mesures de sécurité               | Capteurs de température des pièces mécaniques.<br>Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes.<br>Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement.<br>Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice.  |                                 |
| Description                       | En cas de température anormalement haute, une alarme est émise par le système SCADA au centre de contrôle de l'exploitant.<br>Si la température dépasse un seuil haut, l'éolienne est mise à l'arrêt et ne peut être relancée qu'après intervention d'un technicien en nacelle, qui procédera à une identification des causes et à des opérations techniques le cas échéant.                               |                                 |
| Indépendance                      | Oui<br>Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.  |                                 |
| Temps de réponse                  | <60 secondes.  |                                 |
| Efficacité Tests                  | 100 %<br>Lors de la phase d'essai de la machine.   |                                 |
| Maintenance                       | Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel.<br>Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être endommagés (selon une périodicité qui ne peut excéder 6 mois) conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'article 13 de l'arrêté du 22 juin 2020.<br>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. |                                 |

| N° de la fonction de sécurité : 4 | Prévenir la survitesse  | N° de risque concerné : I03/P01 |
|-----------------------------------|---|---------------------------------|
| Mesures de sécurité               | Détection de survitesse et système de freinage.<br>Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2).   |                                 |
| Description                       | Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande.<br><i>NB</i> : 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 60 s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté).<br>L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 10 décembre 2021. |                                 |
| Efficacité Tests                  | 100 %<br>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, modifié l'article 11 de l'arrêté du 22 juin 2020.   |                                 |
| Maintenance                       | Vérification du système après les 500 à 1 500 premières heures de fonctionnement (environ 3 mois).<br>Maintenance préventive annuelle de l'éolienne avec notamment contrôle de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.<br>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.  |                                 |

| N° de la fonction de sécurité : 5 | Prévenir les courts-circuits  | N° de risque concerné : I01/I02/I05/I06 |
|-----------------------------------|---|---|
| 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.<br>La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut. |   |
| Indépendance                      | Oui   |   |
| Temps de réponse                  | De l'ordre de la seconde  |   |
| Efficacité                        | 100 %   |   |
| Tests                             | Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les 6 mois.  |   |
| Maintenance                       | Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolation et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre.<br>Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'article 10 de l'arrêté du 10 décembre 2021.  |   |

| N° de la fonction de sécurité : 6 | Prévenir les effets de la foudre  | N° de risque concerné : I02 |
|-----------------------------------|---|-----------------------------|
| Mesures de sécurité               | Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.   |                             |
| Description                       | Respect de la norme IEC 61400 – 24 (juin 2010).<br>Parafoudres sur la nacelle + récepteurs de foudre sur les 2 faces des pales.<br>Mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation).<br>Parasurtenseurs sur les circuits électriques.  |                             |
| Indépendance                      | Oui   |                             |
| Temps de réponse                  | Immédiat dispositif passif  |                             |
| Efficacité                        | 100 %   |                             |
| Tests                             | Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.   |                             |
| Maintenance                       | Contrôle visuel une fois par an et contrôle avec mesure de la continuité électrique une fois tous les deux ans des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'article 9 de l'arrêté du 10 décembre 2021.<br>Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive. |                             |

| N° de la fonction de sécurité : 7 | Protection et intervention incendie  | N° de risque concerné : I02 |
|-----------------------------------|--|-----------------------------|
| Mesures de sécurité               | Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine.<br>Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle.<br>Intervention des services de secours.  |                             |
| Description                       | Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance.<br>Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru (UPS).<br>L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance) |                             |
| Indépendance                      | Oui  |                             |
| Temps de réponse                  | < 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme.<br>L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est, quant à lui, dépendant de la zone géographique.  |                             |
| Efficacité                        | 100 %  |                             |
| Tests                             | Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.   |                             |
| Maintenance                       | Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'article 13 de l'arrêté du 22 juin 2020.<br>Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.<br>Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.  |                             |

| N° de la fonction de sécurité : 8 | Prévention et rétention des fuites  | N° de risque concerné : I07/F01/F02 |
|-----------------------------------|---|-------------------------------------|
| Mesures de sécurité               | Détecteurs de niveau d'huiles.<br>Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération.<br>Capteurs de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation).<br>Procédure d'urgence.<br>Kit antipollution.  |                                     |
| Description                       | Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.<br>Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pales en cas de perte du groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique (situé au plus près du vérin de pale) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pale.<br>Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants.<br>Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange.<br>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : <ul style="list-style-type: none"> <li>De contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>D'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ;</li> <li>De récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement. |                                     |
| Indépendance                      | Oui   |                                     |
| Temps de réponse                  | Dépendant du débit de fuite   |                                     |
| Efficacité                        | 100 %   |                                     |
| Tests                             | Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance.   |                                     |
| Maintenance                       | Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an.   |                                     |

| N° de la fonction de sécurité : 9 | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)   | N° de risque concerné : C01/C02/C03/P03/E01/E02/E03/E05/E07 |
|-----------------------------------|---|---|
| Mesures de sécurité               | Surveillance des vibrations.<br>Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.).<br>Procédures qualités.<br>Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire).   |   |
| Description                       | La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne.<br>Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.<br>Les éoliennes sont équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis.<br>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 60 s pour les capteurs de vibration (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 Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis suivant une périodicité qui ne peut excéder 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.<br>Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.  |   |

| N° de la fonction de sécurité : 10 | Prévenir les erreurs de maintenance   | N° de risque concerné : C01/E07 |
|------------------------------------|---|---------------------------------|
| Mesures de sécurité                | Procédure maintenance.  |                                 |
| Description                        | Préconisations du manuel de maintenance.<br>Formation du personnel.   |                                 |
| Indépendance                       | Oui   |                                 |
| Temps de réponse                   | NA  |                                 |
| Efficacité                         | 100 %   |                                 |
| Tests                              | Vérification du manuel de maintenance avant démarrage de l'exploitation.<br>Formation systématique des techniciens. |                                 |
| Maintenance                        | NA  |                                 |

| N° de la fonction de sécurité : 11 | Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort  | N° de risque concerné : E05 |
|------------------------------------|--|-----------------------------|
| Mesures de sécurité                | Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents.<br>Détection et prévention des vents forts et tempêtes.<br>Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite.  |                             |
| 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 %.<br><i>NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.</i>  |                             |
| Tests                              | Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne.<br>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.<br>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. |                             |

| N° de la fonction de sécurité : 12 | Prévenir la dégradation de l'état des équipements                         | N° de risque concerné : E06/P02 |
|------------------------------------|---|---------------------------------|
| Mesures de sécurité                | Inspection + actions de sécurité associées.                               |                                 |
| Description                        | NA  |                                 |
| Indépendance                       | Oui   |                                 |
| Temps de réponse                   | NA  |                                 |
| Efficacité                         | 100 %   |                                 |
| Tests                              | Dégradation de l'état des équipements surveillée à chaque visite machine. |                                 |
| Maintenance                        | Lors de chaque visite sur site.   |                                 |

| N° de la fonction de sécurité : 13 | Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention  | N° de risque concerné : E04 |
|------------------------------------|---|-----------------------------|
| Mesures de sécurité                | Elaboration du plan de prévention, mise en œuvre des mesures définies.  |                             |
| Description                        | Plan de prévention fait annuellement incluant une visite commune pour identifier les risques sur site ainsi que les mesures de prévention et d'urgence. |                             |
| Indépendance                       | Oui   |                             |
| Temps de réponse                   | NA  |                             |
| Efficacité                         | 100 %   |                             |
| Tests                              | Visite sécurité 2 fois par an par le constructeur sur site et vérification de l'application des consignes du plan de prévention.                        |                             |
| Maintenance                        | Annuelle ou à chaque opération non-routinière (intervention d'une grue externe par exemple).  |                             |

Tableau 26 : Ensemble des fonctions de sécurité (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021.

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 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, quatre catégories de scénarios sont a priori 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 <sup>2</sup> n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 10 décembre 2021 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.<br><br>Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments. |
| Incendie du poste de livraison ou du transformateur   | En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 10 décembre 2021 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.<br><br>Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.   |
| Infiltration d'huile dans le sol  | En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.<br><br>Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.  |

*Tableau 27 : Scénarios exclus (source : INERIS/SER/FEE, 2012)*

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

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

### 8 - 1 Rappel des définitions

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

Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et de 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 - 1a Cinétique

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005, la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou « 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 - 1b 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 : seuil d'exposition très forte ;**
- **1 % d'exposition : seuil d'exposition forte.**

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

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

Tableau 28 : Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

## 8 - 1c 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 |
|---------------------|---|--|--|
| Désastreuse         | 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                                     |
| Importante          | Au plus 1 personne exposée  | Entre 1 et 10 personnes exposées                                       | Entre 10 et 100 personnes exposées                                       |
| Sérieuse            | Aucune personne exposée   | Au plus 1 personne exposée   | Moins de 10 personnes exposées   |
| Modérée             | Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement                        | Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement                   | Présence humaine exposée inférieure à « une personne »                   |

Tableau 29 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement (source : arrêté du 29 septembre 2005)

## 8 - 1d 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       | <b>Courant</b><br>Se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.   | $P > 10^{-2}$                               |
| B       | <b>Probable</b><br>S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.  | $10^{-3} < P \leq 10^{-2}$                  |
| C       | <b>Improbable</b><br>Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité. | $10^{-4} < P \leq 10^{-3}$                  |
| D       | <b>Rare</b><br>S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.  | $10^{-5} < P \leq 10^{-4}$                  |
| E       | <b>Extrêmement rare</b><br>Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.   | $\leq 10^{-5}$                              |

Tableau 30 : Grille de criticité du scénario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 8 - 1e Matrice de criticité

La criticité de l'évènement est définie par le croisement de la probabilité et de la gravité via le tableau nommé « matrice de criticité ».

La criticité de l'évènement est alors définie à partir d'une cotation du couple probabilité-gravité et définit 3 zones :

- **En vert** : une zone pour laquelle les risques peuvent être qualifiés de moindres et donc acceptables ; l'évènement y est jugé sans effet majeur et ne nécessite pas de mesures particulières ;
- **En jaune** : une zone de risques intermédiaires, pour laquelle les mesures de sécurité sont jugées suffisantes et la maîtrise des risques concernés doit être assurée et démontrée par l'exploitant (contrôles appropriés pour éviter tout écart dans le temps) ;
- **En rouge** : une zone de risques élevés, qualifiés de non acceptables et pour laquelle des modifications substantielles doivent être définies afin de réduire le risque à un niveau acceptable ou intermédiaire, par la démonstration de la maîtrise de ce risque.

| Conséquence    | Classe de Probabilité |       |       |       |       |
|----------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
|                | E                     | D     | C     | B     | A     |
| Désastreuse    | Jaune                 | Rouge | Rouge | Rouge | Rouge |
| Catastrophique | Jaune                 | Jaune | Rouge | Rouge | Rouge |
| Importante     | Jaune                 | Jaune | Jaune | Rouge | Rouge |
| Sérieuse       | Vert                  | Vert  | Jaune | Jaune | Rouge |
| Modérée        | Vert                  | Vert  | Vert  | Vert  | Jaune |

Légende de la matrice :

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

Tableau 31 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

## 8 - 2 Détermination des paramètres pour l'étude détaillée des risques

### 8 - 2a Rappel des caractéristiques des modèles étudiés

Les caractéristiques techniques des modèles étudiés pour les calculs de risques dans la suite du document sont les suivantes :

| Modèle | Constructeur   | Puissance (MW) | Hauteur au moyeu (m) | Diamètre rotor (m) | Hauteur en bout de pale (m) |
|--------|----------------|----------------|----------------------|--------------------|-----------------------------|
| SG 155 | SIEMENS GAMESA | 4,7 à 6,6      | 122,5                | 155                | 200                         |
| V 150  | VESTAS         | 4,5            | 125                  | 150                | 200                         |
| V 162  | VESTAS         | 5,6 à 7,2      | 119                  | 162                | 200                         |
| E 160  | ENERCON        | 5,6            | 120                  | 160                | 200                         |

Tableau 32 : Inventaire des modèles d'éoliennes possibles pour le projet de La Crayère (source : ELICIO, 2023)

L'étude détaillée des risques engendrés par le projet éolien de La Crayère présentée dans les paragraphes suivants est basée sur les caractéristiques de machines décrites ci-dessus, permettant d'étudier la criticité de chacun des évènements redoutés. Le détail de calcul des périmètres d'étude est présenté chapitre 3.4.1.

## 8 - 2b Chute de glace

### Considérations générales

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

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

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

### Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien de La Crayère, **la zone d'effet a donc un rayon maximal de 81 mètres (éolienne V162)**. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

### Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace pour chacun des modèles étudiés.  $Z_I$  est la zone d'impact,  $Z_E$  est la zone d'effet, R correspond au rayon rotor, SG est la surface du morceau de glace majorant ( $SG = 1 \text{ m}^2$ ).

| Chute de glace<br>(dans un rayon inférieur ou égal à R = zone de survol) |                  |                                  |  |                    |
|--|------------------|----------------------------------|--|--------------------|
| Eolienne   | Zone d'impact    | Zone d'effet du phénomène étudié | Degré d'exposition du phénomène étudié | Intensité          |
|  | $Z_I = SG$       | $Z_E = \pi \times R^2$           | $d = (Z_I/Z_E)$                        |                    |
| SG 155   | 1 m <sup>2</sup> | 18 869 m <sup>2</sup>            | 0,005 % (<1 %)                         | Exposition modérée |
| V150   | 1 m <sup>2</sup> | 17 671 m <sup>2</sup>            | 0,006 % (1 %)                          |                    |
| V162   | 1 m <sup>2</sup> | 20 612 m <sup>2</sup>            | 0,005 % (<1 %)                         |                    |
| E160   | 1 m <sup>2</sup> | 20 106 m <sup>2</sup>            | 0,005 % (<1 %)                         |                    |

Tableau 33 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace

L'intensité d'exposition est maximisée pour le modèle V150. C'est donc ce modèle qui est considéré pour la suite des calculs de chute de glace.

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

### Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (§ 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreuse » ;
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Importante » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieuse » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modérée ».

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

| Chute de glace |  |                              |                                       |                              |                                    |         |
|----------------|--|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|---------|
| Eolienne       | Terrains non aménagés et très peu fréquentés |                              | Terrains aménagés mais peu fréquentés |                              | Nombre total de personnes exposées | Gravité |
|                | 1 personne / 100 ha                          |                              | 1 personne / 10 ha                    |                              |                                    |         |
|                | Surface exposée en ha                        | Nombre de personnes exposées | Surface exposée en ha                 | Nombre de personnes exposées |                                    |         |
| E1             | 1,98   | 0,02                         | 0,08                                  | 0,01                         | 0,03                               | Modérée |
| E2             | 1,98   | 0,02                         | 0,08                                  | 0,01                         | 0,03                               |         |
| E3             | 1,98   | 0,02                         | 0,08                                  | 0,01                         | 0,03                               |         |
| E4             | 1,98   | 0,02                         | 0,08                                  | 0,01                         | 0,03                               |         |

Tableau 34 : Evaluation de la gravité dans le scénario de chute de glace

Remarque : Le calcul du nombre de personnes permanentes est défini dans le chapitre 3-4.

### Probabilité

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

### Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur, la gravité et le niveau de risque associé (acceptable/inacceptable).

| Chute de glace |         |                  |
|----------------|---------|------------------|
| Eolienne       | Gravité | Niveau de risque |
| E1 à E4        | Modérée | Acceptable       |

Tableau 35 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario de chute de glace

⇒ Ainsi, pour le parc éolien de La Crayère, 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, modifié par l'article 10 de l'arrêté du 22 juin 2020 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 - 2c Chute d'éléments de l'éolienne

### Zone d'effet

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une **zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor (81 m dans le cas majorant du projet éolien de La Crayère).**

### 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 pour chacun des modèles étudiés.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_I$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $R$  correspond au rayon de rotor et  $LB$  à la largeur de la base de la pale.

| Chute d'éléments de l'éolienne<br>(dans un rayon inférieur ou égal à $R$ = zone de survol) |                       |                                  |  |                    |
|--|-----------------------|----------------------------------|--|--------------------|
| Eolienne   | Zone d'impact         | Zone d'effet du phénomène étudié | Degré d'exposition du phénomène étudié | Intensité          |
|  | $Z_I = R \times LB/2$ | $Z_E = \pi \times R^2$           | $d = (Z_I/Z_E)$                        |                    |
| SG 155   | 174 m <sup>2</sup>    | 18 869 m <sup>2</sup>            | 0,924 % (< 1 %)                        | Exposition modérée |
| V150   | 98 m <sup>2</sup>     | 17 671 m <sup>2</sup>            | 0,552 % (< 1 %)                        |                    |
| V162   | 130 m <sup>2</sup>    | 20 612 m <sup>2</sup>            | 0,629 % (< 1 %)                        |                    |
| E160   | 133 m <sup>2</sup>    | 20 106 m <sup>2</sup>            | 0,660 % (< 1 %)                        |                    |

Tableau 36 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute d'éléments

L'intensité d'exposition est maximisée pour le modèle SG 155. C'est donc ce modèle qui est considéré pour la suite des calculs de chute d'éléments.

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

### Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (§ 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments, dans la zone de survol de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreuse » ;
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Importante » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieuse » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modérée ».

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

| Chute d'éléments de l'éolienne |  |                              |                                       |                              |                                    |         |
|--------------------------------|--|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|---------|
| Eolienne                       | Terrains non aménagés et très peu fréquentés |                              | Terrains aménagés mais peu fréquentés |                              | Nombre total de personnes exposées | Gravité |
|                                | 1 personne / 100 ha                          |                              | 1 personne / 10 ha                    |                              |                                    |         |
|                                | Surface exposée en ha                        | Nombre de personnes exposées | Surface exposée en ha                 | Nombre de personnes exposées |                                    |         |
| E1                             | 1,98   | 0,02                         | 0,08                                  | 0,01                         | 0,03                               | Modérée |
| E2                             | 1,98   | 0,02                         | 0,08                                  | 0,01                         | 0,03                               |         |
| E3                             | 1,98   | 0,02                         | 0,08                                  | 0,01                         | 0,03                               |         |
| E4                             | 1,98   | 0,02                         | 0,08                                  | 0,01                         | 0,03                               |         |

Tableau 37 : Evaluation de la gravité dans le scénario de chute d'éléments

Remarque : Le calcul du nombre de personnes permanentes est défini dans le chapitre 3-4.

### Probabilité

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit  $4.47 \times 10^{-4}$  événement par éolienne et par an).

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

### Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur, la gravité et le niveau de risque associé (acceptable/inacceptable).

| Chute d'éléments de l'éolienne |         |                  |
|--------------------------------|---------|------------------|
| Eolienne                       | Gravité | Niveau de risque |
| E1 à E4                        | Modérée | Acceptable       |

Tableau 38 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario de chute d'éléments

⇒ Ainsi, pour le parc éolien de La Crayère, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

## 8 - 2d Effondrement de l'éolienne

### Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une **surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 200 m au maximum pour les éoliennes du parc éolien de La Crayère.**

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

### 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 présente les résultats pour chacun des modèles étudiés.  $Z_I$  est la zone d'impact,  $Z_E$  est la zone d'effet,  $d$  le degré d'exposition,  $R$  est le rayon du rotor,  $H$  la hauteur au moyeu,  $L$  la largeur du mât et  $LB$  la largeur de la base de la pale.

| Effondrement de l'éolienne                 |   |                                  |  |                           |
|--|---|----------------------------------|--|---------------------------|
| Dans un rayon $H + R$ autour de l'éolienne |   |                                  |  |                           |
| Eolienne étudiée                           | Zone d'impact                                     | Zone d'effet du phénomène étudié | Degré d'exposition du phénomène étudié | Intensité                 |
|  | $Z_I = (H \times L) + (3 \times R \times LB / 2)$ | $Z_E = \pi \times (H + R)^2$     | $d = (Z_I / Z_E)$                      |                           |
| <b>SG 155</b>                              | 1 111 m <sup>2</sup>                              | 125 664 m <sup>2</sup>           | 0,884 % (<1 %)                         | <b>Exposition modérée</b> |
| <b>V150</b>                                | 811 m <sup>2</sup>                                |                                  | 0,646 % (<1 %)                         |                           |
| <b>V162</b>                                | 1 139 m <sup>2</sup>                              |                                  | 0,906 % (<1 %)                         |                           |
| <b>E160</b>                                | 1 379 m <sup>2</sup>                              |                                  | 1,097 % (<1 %)                         |                           |

Tableau 39 : Evaluation de l'intensité dans le scénario d'effondrement de l'éolienne

**L'intensité d'exposition est maximisée pour le modèle E160. C'est donc ce modèle qui est considéré pour la suite des calculs d'effondrement.**

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

### Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (§ 8.1c), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

- Plus de 100 personnes exposées → « Désastreuse » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 1 et 10 personnes exposées → « Importante » ;
- Au plus 1 personne exposée → « Sérieuse » ;
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « Modérée ».

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

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.

| Effondrement de l'éolienne |  |                              |                                       |                              |                                    |                 |
|----------------------------|--|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| Eolienne                   | Terrains non aménagés et très peu fréquentés |                              | Terrains aménagés mais peu fréquentés |                              | Nombre total de personnes exposées | Gravité         |
|                            | 1 personne / 100 ha                          |                              | 1 personne / 10 ha                    |                              |                                    |                 |
|                            | Surface exposée en ha                        | Nombre de personnes exposées | Surface exposée en ha                 | Nombre de personnes exposées |                                    |                 |
| <b>E1</b>                  | 12,37  | 0,13                         | 0,20                                  | 0,02                         | 0,15                               | <b>Sérieuse</b> |
| <b>E2</b>                  | 12,20  | 0,13                         | 0,37                                  | 0,04                         | 0,17                               |                 |
| <b>E3</b>                  | 12,18  | 0,13                         | 0,38                                  | 0,04                         | 0,17                               |                 |
| <b>E4</b>                  | 12,31  | 0,13                         | 0,26                                  | 0,03                         | 0,16                               |                 |

Tableau 40 : Evaluation de la gravité dans le scénario d'effondrement de l'éolienne

Remarque : Le calcul du nombre de personnes permanentes est défini dans le chapitre 3-4.

### 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 turbine | $4,5 \times 10^{-4}$   | Retour d'expérience |
| Specification of minimum distances          | $1,8 \times 10^{-4}$<br>(Effondrement de la nacelle et de la tour) | Retour d'expérience |

Tableau 41 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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<sup>2</sup>, 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.

## 8 - 2e Projection de glace

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 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 2005.

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 aout 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement.

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

### Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur, la gravité et le niveau de risque associé (acceptable/inacceptable).

| Effondrement de l'éolienne |          |                  |
|----------------------------|----------|------------------|
| Eolienne                   | Gravité  | Niveau de risque |
| E1 à E4                    | Sérieuse | Acceptable       |

Tableau 42 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario d'effondrement de l'éolienne

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

### 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 n°15 du chapitre 10.4 propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

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

**Cette distance est de 421,5 m au maximum pour les éoliennes du parc éolien de La Crayère pour le modèle V162 maximisant.**

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures (voir référence n°17 du chapitre 10.4). A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

### Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m<sup>2</sup>) 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, pour chacun des modèles étudiés. d est le degré d'exposition, Z<sub>I</sub> la zone d'impact, Z<sub>E</sub> la zone d'effet, R correspond au rayon de rotor, H la hauteur au moyeu, et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

| Projection de glace                               |                     |   |  |                    |
|---|---------------------|---|--|--------------------|
| Dans un rayon 1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne |                     |   |  |                    |
| Eolienne étudiée                                  | Zone d'impact       | Zone d'effet du phénomène étudié                      | Degré d'exposition du phénomène étudié | Intensité          |
|   | Z <sub>I</sub> = SG | Z <sub>E</sub> = π x (1,5 x (H + 2 x R)) <sup>2</sup> | d = (Z <sub>I</sub> /Z <sub>E</sub> )  |                    |
| SG 155  | 1 m <sup>2</sup>    | 544 325 m <sup>2</sup>                                | 0,000184 % (<1%)                       | Exposition modérée |
| V150  |                     | 534 562 m <sup>2</sup>                                | 0,000187 % (<1%)                       |                    |
| V162  |                     | 558 142 m <sup>2</sup>                                | 0,000179 % (<1%)                       |                    |
| E160  |                     | 554 117 m <sup>2</sup>                                | 0,000180 % (<1%)                       |                    |

Tableau 43 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de projection de glace

**L'intensité d'exposition est maximisée pour le modèle V150. C'est donc ce modèle qui est considéré pour la suite des calculs de projection de glace.**

### Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (§ 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreuse » ;
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Importante » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieuse » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modérée ».

## 8 - 2f Projection de pales et de fragments de pales

La société SAS ELICIO La Crayère s'engage à installer des éoliennes munies de système de détection de givre ou de glace, grâce aux instruments météorologiques présents sur la nacelle ainsi que des capteurs dans les pales qui permettront de stopper l'éolienne et éviter toute projection de glace.

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

| Projection de glace |  |                              |                                       |                              |                                    |         |
|---------------------|--|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|---------|
| Eolienne            | Terrains non aménagés et très peu fréquentés |                              | Terrains aménagés mais peu fréquentés |                              | Nombre total de personnes exposées | Gravité |
|                     | 1 personne / 100 ha                          |                              | 1 personne / 10 ha                    |                              |                                    |         |
|                     | Surface exposée en ha                        | Nombre de personnes exposées | Surface exposée en ha                 | Nombre de personnes exposées |                                    |         |
| E1                  | 53,94  | 0,54                         | 1,88                                  | 0,19                         | 0,73                               | Modérée |
| E2                  | 54,70  | 0,55                         | 1,12                                  | 0,12                         | 0,67                               |         |
| E3                  | 54,87  | 0,55                         | 0,95                                  | 0,10                         | 0,65                               |         |
| E4                  | 54,68  | 0,55                         | 1,14                                  | 0,12                         | 0,67                               |         |

Tableau 44 : Evaluation de la gravité dans le scénario de projection de glace

### 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, modifié par l'arrêté du 10 décembre 2021 ;
- Le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace ;

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

### Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur, la gravité et le niveau de risque associé (acceptable/inacceptable).

| Projection de morceaux de glace |         |  |                  |
|---------------------------------|---------|--|------------------|
| Eolienne                        | Gravité | Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage | Niveau de risque |
| E1 à E4                         | Modérée | Oui  | Acceptable       |

Tableau 45 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario de projection de glace

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

### 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 fragments de pale est de 380 mètres par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

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

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études présentées aux points 5 et 6 au chapitre 10.4 (bibliographie).

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

### Intensité

Pour le phénomène de projection de 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 projection de pales ou de fragment de pales, pour chacun des modèles étudiés.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_I$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $R$  correspond au rayon de rotor,  $LB$  à la largeur de la base de la pale et  $R_E$  au rayon de la zone d'effet (500 m).

| Projection de pale ou de fragments de pale<br>Zone de 500 m autour de chaque éolienne |                        |                                  |  |                    |
|---|------------------------|----------------------------------|--|--------------------|
| Eolienne  | Zone d'impact          | Zone d'effet du phénomène étudié | Degré d'exposition du phénomène étudié | Intensité          |
|   | $Z_I = R \times LB/2$  | $Z_E = \pi \times R_E^2$         | $d = (Z_I/Z_E)$                        |                    |
| SG 155  | 174,375 m <sup>2</sup> | 785 398 m <sup>2</sup>           | 0,022 % (<1%)                          | Exposition modérée |
| V150  | 97,5 m <sup>2</sup>    |                                  | 0,012 % (<1%)                          |                    |
| V162  | 129,6 m <sup>2</sup>   |                                  | 0,017 % (<1%)                          |                    |
| E160  | 132,8 m <sup>2</sup>   |                                  |  |                    |

Tableau 46 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de projection de pales ou de fragments de pales

L'intensité d'exposition est maximisée pour le modèle SG 155. C'est donc ce modèle qui est considéré pour la suite des calculs de projection de pale.

Remarque :  $R_E$  correspond au rayon de la zone d'effet, soit 500 m. Il n'est pas à confondre avec  $R$  le rayon du rotor.

### Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (§ 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de pales ou de fragments de pales, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreuse » ;
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Importante » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieuse » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modérée ».

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

| Projection de pales ou de fragments de pales |  |                              |                                       |                              |                                    |          |
|--|--|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|----------|
| Eolienne                                     | Terrains non aménagés et très peu fréquentés |                              | Terrains aménagés mais peu fréquentés |                              | Nombre total de personnes exposées | Gravité  |
|  | 1 personne / 100 ha                          |                              | 1 personne / 10 ha                    |                              |                                    |          |
|  | Surface exposée en ha                        | Nombre de personnes exposées | Surface exposée en ha                 | Nombre de personnes exposées |                                    |          |
| E1   | 76,12  | 0,77                         | 2,42                                  | 0,25                         | 1,02                               | Sérieuse |
| E2   | 76,96  | 0,77                         | 1,58                                  | 0,16                         | 0,93                               | Modérée  |
| E3   | 76,84  | 0,77                         | 1,70                                  | 0,17                         | 0,94                               |          |
| E4   | 77,13  | 0,78                         | 1,41                                  | 0,15                         | 0,93                               |          |

Tableau 47 : Evaluation de la gravité dans le scénario de projection de pales ou de fragments de pales

Remarque : Le calcul du nombre de personnes permanentes est défini dans le chapitre 3-4.

### 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 | $1 \times 10^{-6}$   | Respect de l'Eurocode EN 1990-Basis of structural design                |
| Guide for risk based zoning of wind turbine            | $1,1 \times 10^{-3}$ | Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001) |
| Specification of minimum distances                     | $6,1 \times 10^{-4}$ | Recherche Internet des Accidents entre 1996 et 2003                     |

Tableau 48 : Fréquence de rupture de tout ou partie de pale dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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 évènements pour 15 667 années d'expérience, soit  $7,66 \times 10^{-4}$  évènement par éolienne et par an).

Ces évènements 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.

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 ;
- Le système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- Le 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 ;
- L'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 aout 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection.

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

### Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur, la gravité et le niveau de risque associé (acceptable/inacceptable).

| Projection de pales ou de fragments de pales |          |                  |
|--|----------|------------------|
| Eolienne                                     | Gravité  | Niveau de risque |
| E1   | Sérieuse | Acceptable       |
| E2 à E4                                      | Modérée  | Acceptable       |

Tableau 49 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario de projection de pales ou de fragments de pales

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

## 8 - 3 Synthèse de l'étude détaillée des risques

### 8 - 3a Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la probabilité et la gravité. Le tableau regroupe les éoliennes qui ont le même profil de risque.

| Scénario                                     | Zone d'effet                                       | Cinétique | Intensité          | Probabilité | Gravité  |
|--|--|-----------|--------------------|-------------|--|
| Chute de glace                               | Zone de survol (81 m)                              | Rapide    | Exposition modérée | A           | <b>Modérée</b><br>E1 à E4                          |
| Chute d'éléments de l'éolienne               | Zone de survol (81 m)                              | Rapide    | Exposition modérée | C           | <b>Modérée</b><br>E1 à E4                          |
| Effondrement de l'éolienne                   | H + R (200 m)                                      | Rapide    | Exposition forte   | D           | <b>Sérieuse</b><br>E1 à E4                         |
| Projection de glace                          | 1,5 x (H + 2R) autour de chaque éolienne (421,5 m) | Rapide    | Exposition modérée | B           | <b>Modérée</b><br>E1 à E4                          |
| Projection de pales ou de fragments de pales | 500 m autour de chaque éolienne                    | Rapide    | Exposition modérée | D           | <b>Sérieuse</b><br>E1<br><b>Modérée</b><br>E2 à E4 |

Tableau 50 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc – H : hauteur au moyeu ; R : rayon du rotor

### 8 - 3b 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.

La liste des scénarios pointés dans la matrice sont les suivants :

- Chute d'éléments des éoliennes E1 à E4 (scénarios C<sub>e1</sub> à C<sub>e4</sub>) ;
- Chute de glace des éoliennes E1 à E4 (scénarios C<sub>g1</sub> à C<sub>g4</sub>) ;
- Effondrement des éoliennes E1 à E4 (scénarios E<sub>r1</sub> à E<sub>r4</sub>) ;
- Projection de glace des éoliennes E1 à E4 (scénarios P<sub>g1</sub> à P<sub>g4</sub>) ;
- Projection de pales ou de fragments de pales des éoliennes E1 à E4 (scénarios P<sub>p1</sub> à P<sub>p4</sub>).

| Conséquence    | Classe de Probabilité |  |                                   |                                   |                                   |
|----------------|-----------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                | E                     | D  | C                                 | B                                 | A                                 |
| Désastreuse    |                       |  |                                   |                                   |                                   |
| Catastrophique |                       |  |                                   |                                   |                                   |
| Importante     |                       |  |                                   |                                   |                                   |
| Sérieuse       |                       | P <sub>p1</sub><br>E <sub>r1</sub> à E <sub>r4</sub> |                                   |                                   |                                   |
| Modérée        |                       | P <sub>p2</sub> à P <sub>p4</sub>                    | C <sub>e1</sub> à C <sub>e4</sub> | P <sub>g1</sub> à P <sub>g4</sub> | C <sub>g1</sub> à C <sub>g4</sub> |

Légende de la matrice :

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

Figure 17 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- Aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice
- Certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place.

## 8 - 3c Cartographie des risques

---

Une carte de synthèse des risques est présentée ci-après. Elle fait apparaître, pour les scénarios les plus critiques :

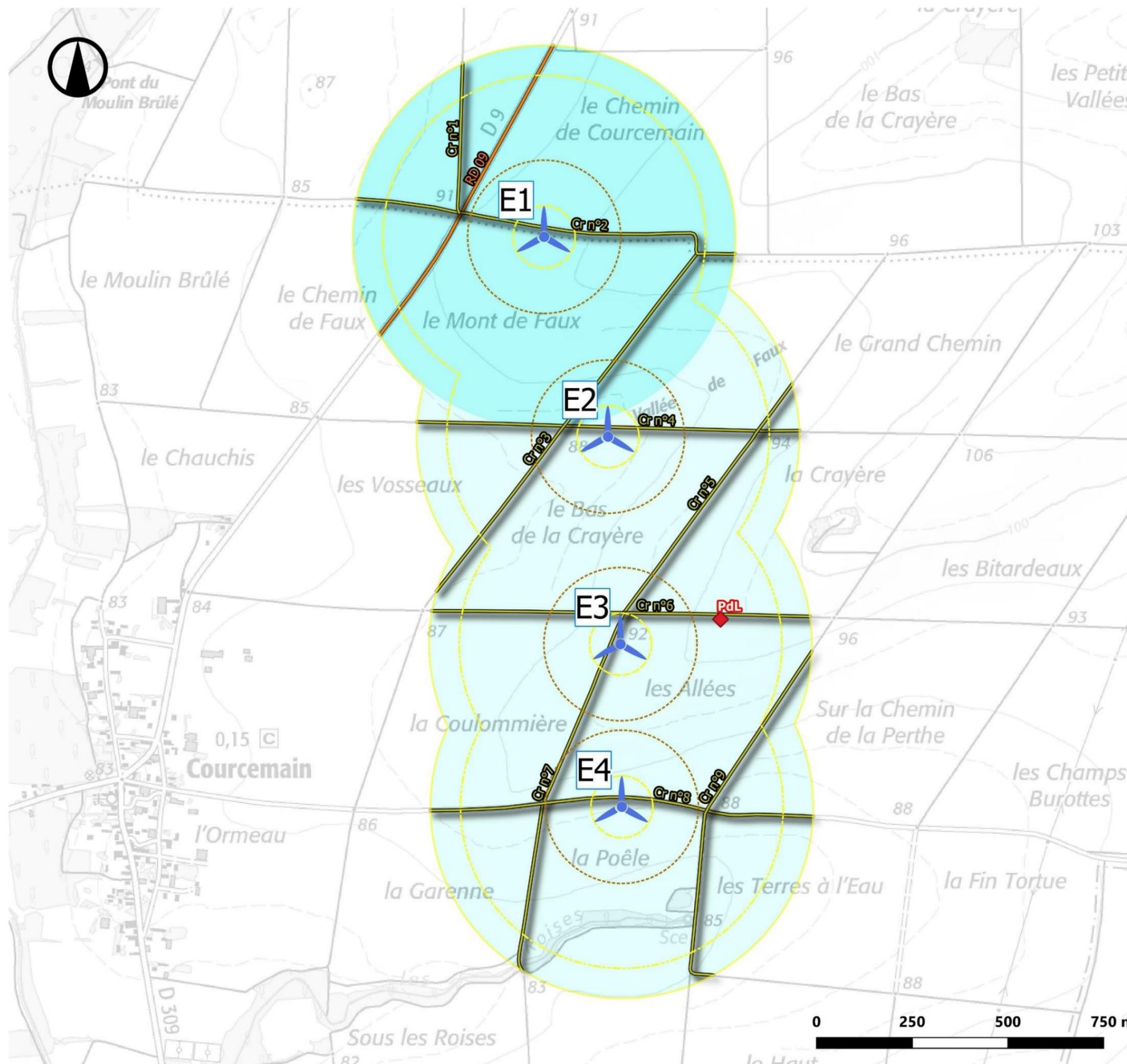
- Les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- Une représentation graphique de la probabilité d'atteinte des enjeux.

# Enjeux humains et matériels

**ATER** Environnement  
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Mai 2023

Sources : IGN 25® - ARS Grand-Est - Direction des Routes Départementales de la Marne  
Copie et reproduction interdite



## Légende

### Parc éolien de La Crayère

-  Éolienne
-  Postes de livraison

### Scenarii

-  Zone de surplomb (81 m)
-  Zone d'effondrement (200 m)
-  Zone de projection de glace (421,5 m)
-  Périmètre d'étude de dangers (500 m)

### Voirie

-  Chemin rural
-  Route départementale

### Exposition humaine

-  Entre 1 et 10 personnes
-  Moins d'une personne

### Intensité d'exposition

-  Modérée
-  Forte

Carte 14 : Synthèse des risques dans le périmètre de dangers

## 9 CONCLUSIONS

**Les principaux accidents majeurs identifiés** au travers de l'étude de dangers pour le parc éolien de La Crayère sont ceux les plus fréquents au regard de l'accidentologie, à savoir :

- Le bris de pale ;
- L'effondrement de l'éolienne ;
- La chute d'éléments ;
- La chute et le bris de glace.

**La probabilité** d'atteinte d'un enjeu par un projectile est variable en fonction du scénario :

- D pour l'effondrement de l'éolienne ;
- C pour la chute d'éléments ;
- A pour la chute de glace ;
- D pour la projection d'un fragment de pale ;
- B pour la projection de glace.

**Dans la zone de surplomb des éoliennes**, là où s'observent la chute de glace et d'éléments, l'enjeu humain est de 0,03 personne, ce qui représente une gravité modérée pour la chute de glace et la chute d'éléments. Seules sont présentes des surfaces agricoles et des portions de chemins ruraux. L'enjeu humain est nettement inférieur à une personne et le risque associé faible.

**Dans la zone d'effondrement de la machine** (dite également zone de ruine), l'enjeu humain est évalué entre 0,15 et 0,17 personne, ce qui représente une gravité sérieuse. Seules sont présentes des surfaces agricoles et des portions de chemins ruraux. En l'absence d'infrastructure structurante, l'enjeu humain est nettement inférieur à une personne et le risque associé très faible.

**Dans la zone de projection de glace**, l'enjeu humain est compris entre 0,65 et 0,73 personne. Sont présents des surfaces agricoles, des portions de chemins ruraux et de la RD 09. En l'absence d'infrastructure structurante, l'enjeu humain reste nettement inférieur à 1 personne, la gravité est qualifiée de modérée et le risque associé est très faible.

Enfin, sur **le reste de la zone, correspondant à la zone de projection de pales ou de fragments de pales**, l'enjeu humain est inférieur à 1 personne pour les éoliennes E2 à E4 et est compris entre 1 et 10 personnes pour l'éolienne E1. La gravité est donc modérée pour les éoliennes E2 à E4 et sérieuse pour l'éolienne E1. Le risque reste acceptable pour toutes les éoliennes, et très faible à faible pour toutes les éoliennes. Sont présents des surfaces agricoles, des portions de chemins ruraux et de la RD 09.

**Les principales mesures de maîtrise des risques** mises en place pour prévenir ou limiter les conséquences de ces accidents majeurs sont :

- **Des barrières de prévention avec :**
  - ✓ Des balisages des éoliennes ;
  - ✓ Des détecteurs de feux ;
  - ✓ Des détecteurs de survitesse ;
  - ✓ Un système antifoudre ;
  - ✓ Des protections contre la glace
  - ✓ Des protections contre l'échauffement des pièces mécaniques ;
  - ✓ Des protections contre les courts-circuits ;
  - ✓ Des protections contre la pollution environnementale.
- **Une maintenance préventive et vérification :**
  - ✓ Planning de maintenance préventive ;
  - ✓ Maintenance des installations électriques ;
  - ✓ Vérifications électrique, incendie, annuelle par un organisme agréé.
- **Un personnel formé ;**
- **Des machines certifiées.**

L'ensemble des scénarios étudiés est en zone de risques intermédiaires, pour laquelle les mesures de sécurité sont jugées suffisantes et la maîtrise des risques concernés est assurée et démontrée par l'exploitant (contrôles appropriés pour éviter tout écart dans le temps).

**Les mesures de maîtrise des risques mises en place sur l'installation sont suffisantes pour garantir un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux retenus dans l'étude détaillée.**



# 10 ANNEXES

## 10 - 1 Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques

Cette partie apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarios du tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques, présenté au chapitre 7.4.

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).

### 10 - 1a 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.

#### 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.

### 10 - 1b 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.

L'incendie peut aussi être provoqué par l'échauffement des pièces mécaniques en cas d'emballlement 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'emballlement 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, etc.) ;
- **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.

## 10 - 1c Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation). Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau, tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de dangers. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

### 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.

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

## 10 - 1d Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)

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

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

## 10 - 1e Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P03)

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, etc.

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

L'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballage peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite en Annexe, dans la partie 10-1.2 (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, emballage 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.

## 10 - 1f Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E07)

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, etc.

## 10 - 2 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 :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tableau 51 : Probabilité d'atteinte en fonction de l'événement redouté (source : Guide de l'INERIS, mai 2012)

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 - 3 Glossaire

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

- 1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement 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, modifié par l'arrêté du 10 décembre 2021 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement :

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

**Survitesse :** Vitesse de rotation des parties tournantes (rotor constitué du moyeu et des pales ainsi que la ligne d'arbre jusqu'à la génératrice) supérieure à la valeur maximale indiquée par le constructeur.

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

- **ICPE :** Installation Classée pour la Protection de l'Environnement ;
- **SER :** Syndicat des Energies Renouvelables ;
- **FEE :** France Energie Eolienne (branche éolienne du SER) ;
- **INERIS :** Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques ;
- **EDD :** Etude de dangers ;
- **APR :** Analyse Préliminaire des Risques ;
- **ERP :** Etablissement Recevant du Public ;
- **DDRM :** Dossier Départemental des Risques Majeurs.

- Braam H. (2005) – Handboek Risicozonering Winturbines – 2<sup>e</sup> versie. S1. ;
- DDT de la Marne (2019) – Dossier Départemental des Risques Majeurs (2017) ;
- Guillet R., Leteurtois J.-P. - Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - (2004) ;
- INERIS/SER/FEE (déc. 2011) - Trame Type de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens ;
- Région Champagne-Ardenne (2012) – Schéma Régional Eolien ;
- WECO (2000) – Wind energy production in cold climate.

**Sites internet consultés :**

- [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr) ;
- [www.insee.fr/fr/statistiques](http://www.insee.fr/fr/statistiques) ;
- [www.observatoire-des-territoires.gouv.fr](http://www.observatoire-des-territoires.gouv.fr) ;
- [www.cadastre.gouv.fr](http://www.cadastre.gouv.fr) ;
- [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr) ;
- [www.aria.developpement-durable.gouv.fr](http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr).

## 10 - 4 Bibliographie

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

- NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Novembre 2015 ;
- Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum ;
- Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest ;
- Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24 ;
- 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 ;
- Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004 ;
- Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public ;
- Interest Energy Research Program, 2006 ;
- Omega 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005 ;
- Arrêté du 26 aout 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement ;
- Arrêté du 22 juin 2020 portant modification des prescriptions relatives aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- 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 ;
- Alpine test site Gutsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al. ;
- Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000 ;
- Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil General des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004 ;
- Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kroning J. - DEWI, avril 2003 ;
- Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005 ;
- DDT de la Marne (2019) – Dossier Départemental des Risques Majeurs (2017) ;
- INERIS/SER/FEE (2012) - Trame Type de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens.

## 10 - 5 Table des illustrations

### 10 - 5a Liste des figures

|   |    |
|---|----|
| Figure 1 : Structure de la société ELICIO (source : ELICIO FRANCE, juin 2022)   | 7  |
| Figure 2 : Structure du groupe NETHYS (source : ELICIO FRANCE)  | 8  |
| Figure 3 : Parcs éoliens en service en France (source : ELICIO FRANCE)  | 8  |
| Figure 4 : Localisation des parcs éoliens off-shore (source : ELICIO France)  | 9  |
| Figure 5 : Illustration des températures de 1991 à 2020 – Station de Troyes-Barbèrey (source : Infoclimat.fr, 2021)   | 18 |
| Figure 6 : Illustration des précipitations de 1991 à 2020 – Station de Troyes-Barbèrey (source : Infoclimat, 2021)  | 18 |
| Figure 7 : Fréquence des vents en fonction de leur provenance en % à la station de Troyes-Barbèrey de 2000 à 2009 (source : Météo France, Troyes-Barbèrey, 2017)  | 20 |
| Figure 8 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) - Illustration des emprises au sol d'une éolienne (à droite) (Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale) (source : Guide de l'INERIS, mai 2012) | 35 |
| Figure 9 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes –  | 42 |
| Figure 10 : Raccordement électrique des installations (source : INERIS/SER/FEE, 2012)   | 47 |
| Figure 11 : Vue en coupe des tranchées selon le nombre de câbles passés   | 48 |
| Figure 12 : Planning des travaux (source : ATER Environnement, 2021)  | 49 |
| Figure 13 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2011)  | 55 |
| Figure 14 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)   | 58 |
| Figure 15 : Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012)   | 59 |
| Figure 16 : Évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (INERIS/SER/FEE, 2012)   | 61 |
| Figure 17 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)  | 80 |

### 10 - 5b Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2019-1096 du 28 octobre 2019)                         | 6  |
| Tableau 2 : Inventaire des modèles d'éoliennes possibles pour le projet de La Crayère (source : ELICIO, 2023)                  | 6  |
| Tableau 3 : Références administratives de la « SAS ELICIO la Crayère » (source : ELICIO, 2023)                                 | 7  |
| Tableau 4 : Références du signataire pouvant engager la société « SAS ELICIO la Crayère » (source : ELICIO, 2023)              | 7  |
| Tableau 5 : Identification des parcelles cadastrales – PDL : Poste de livraison (source : ELICIO, 2023)                        | 12 |
| Tableau 6 : Quelques indicateurs de la population et du logement (source : INSEE, RP2017)                                      | 15 |
| Tableau 7 : Synthèse des risques naturels identifiés sur les communes du périmètre d'étude de dangers (source : DDRM 51, 2019) | 21 |
| Tableau 8 : Distance des éoliennes par rapport aux infrastructures routières, dans un rayon de 500 m autour de chaque éolienne | 25 |
| Tableau 9 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non aménagés très peu fréquentés                                 | 28 |
| Tableau 10 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés                                    | 29 |
| Tableau 11 : Récapitulatif des enjeux humains au niveau de la zone de surplomb   | 30 |
| Tableau 12 : Récapitulatif des enjeux humains au niveau de la zone d'effondrement  | 30 |
| Tableau 13 : Récapitulatif des enjeux humains au niveau de la zone de projection de glace                                      | 31 |
| Tableau 14 : Récapitulatif des enjeux humains au niveau de la zone de projection de pale                                       | 31 |
| Tableau 15 : Coordonnées géographiques du parc éolien en Lambert 93 (source : ELICIO, 2023)                                    | 37 |
| Tableau 16 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012                    | 40 |

|   |    |
|---|----|
| Tableau 17 : Conformité à l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021 relatifs aux ICPE | 46 |
| Tableau 18 : Produits sortants de l'installation (source : ELICIO, 2023)  | 51 |
| Tableau 19 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012)                   | 52 |
| Tableau 20 : Liste des incidents intervenus en France (source : Base de données ARIA, mise à jour 22/05/2023)                       | 57 |
| Tableau 21 : Liste des accidents humains inventoriés  | 58 |
| Tableau 22 : Accidents recensés dans les parcs exploités par la société ELICIO (source : ELICIO, 2023)                              | 60 |
| Tableau 23 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines – Cr : Chemin rural (source : INERIS/SER/FEE, 2012)         | 63 |
| Tableau 24 : Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : INERIS/SER/FEE, 2012)                            | 64 |
| Tableau 25 : Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012)  | 65 |
| Tableau 26 : Ensemble des fonctions de sécurité (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)   | 69 |
| Tableau 27 : Scénarios exclus (source : INERIS/SER/FEE, 2012)   | 70 |
| Tableau 28 : Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2012)   | 71 |
| Tableau 29 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement (source : arrêté du 29 septembre 2005)                 | 72 |
| Tableau 30 : Grille de criticité du scénario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005)   | 72 |
| Tableau 31 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)   | 73 |
| Tableau 32 : Inventaire des modèles d'éoliennes possibles pour le projet de La Crayère (source : ELICIO, 2023)                      | 73 |
| Tableau 33 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace   | 74 |
| Tableau 34 : Evaluation de la gravité dans le scénario de chute de glace  | 74 |
| Tableau 35 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario de chute de glace   | 74 |
| Tableau 36 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute d'éléments   | 75 |
| Tableau 37 : Evaluation de la gravité dans le scénario de chute d'éléments  | 75 |
| Tableau 38 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario de chute d'éléments   | 75 |
| Tableau 39 : Evaluation de l'intensité dans le scénario d'effondrement de l'éolienne  | 76 |
| Tableau 40 : Evaluation de la gravité dans le scénario d'effondrement de l'éolienne   | 76 |
| Tableau 41 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)                            | 76 |
| Tableau 42 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario d'effondrement de l'éolienne                                    | 77 |
| Tableau 43 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de projection de glace  | 77 |
| Tableau 44 : Evaluation de la gravité dans le scénario de projection de glace   | 78 |
| Tableau 45 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario de projection de glace  | 78 |
| Tableau 46 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de projection de pales ou de fragments de pales                             | 78 |
| Tableau 47 : Evaluation de la gravité dans le scénario de projection de pales ou de fragments de pales                              | 79 |
| Tableau 48 : Fréquence de rupture de tout ou partie de pale dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)                     | 79 |
| Tableau 49 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario de projection de pales ou de fragments de pales                 | 79 |
| Tableau 50 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc – H : hauteur au moyeu ; R : rayon du rotor       | 80 |
| Tableau 51 : Probabilité d'atteinte en fonction de l'évènement redouté (source : Guide de l'INERIS, mai 2012)                       | 87 |

## 10 - 5c Liste des cartes

|  |    |
|--|----|
| Carte 1 : Localisation géographique de l'installation  | 11 |
| Carte 2 : Définition du périmètre d'étude de dangers   | 13 |
| Carte 3 : Distance aux premières habitations   | 16 |
| Carte 4 : Vitesse des vents dans l'ancienne région Champagne-Ardenne – Cercle bleu : Zone du projet (source : Schéma Régional Eolien, 2012)  | 19 |
| Carte 5 : Position du projet vis-à-vis des zones de développement de l'éolien à l'échelle nationale (source : DREAL Grand Est, 2023)         | 19 |
| Carte 6 : Sensibilité du périmètre d'étude de dangers au phénomène d'inondation par remontée de nappe  | 22 |
| Carte 7 : Aléa retrait-gonflement des argiles  | 23 |
| Carte 8 : Zonage sismique de l'ancienne région Champagne-Ardenne – Cercle bleu : Périmètre d'étude de dangers (source : planseisme.fr, 2015) | 24 |
| Carte 9 : Densité de foudroiement – Cercle bleu : Périmètre d'étude de dangers (source : Météo Paris, 2019)                                  | 24 |
| Carte 10 : Enjeux matériels  | 27 |
| Carte 11 : Enjeux humains et matériels dans le périmètre d'étude de dangers  | 33 |
| Carte 12 : Plan détaillé de l'installation   | 36 |
| Carte 13 : Réseaux électriques internes à l'installation   | 50 |
| Carte 14 : Synthèse des risques dans le périmètre de dangers   | 82 |

## 10 - 6 K-bis de la société « SAS ELICIO La Crayère »

Greffes du Tribunal de Commerce de Paris  
1 QUAI DE LA CORSE  
75198 PARIS CEDEX 04

Code de vérification : ciCrHua5Wt  
<https://contrôle.infogreffe.fr/contrôle>



N° de gestion 2018B02103

## Extrait Kbis

EXTRAIT D'IMMATRICULATION PRINCIPALE AU REGISTRE DU COMMERCE ET DES SOCIÉTÉS  
à jour au 22 mai 2023

## IDENTIFICATION DE LA PERSONNE MORALE

**Immatriculation au RCS, numéro** 834 780 710 R.C.S. Paris  
**Date d'immatriculation** 24/01/2018

**Dénomination ou raison sociale** **ELICIO LA CRAYERE**  
**Forme juridique** Société par actions simplifiée (Société à associé unique)  
**Capital social** 37 000,00 EUROS

- **Mention n° 7 du 04/12/2020** CONTINUATION DE LA SOCIÉTÉ MALGRÉ UN ACTIF NET DEVENU INFÉRIEUR À LA MOITIÉ DU CAPITAL SOCIAL. ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 29-10-2020

- **Mention n° 12 du 11/10/2021** CONTINUATION DE LA SOCIÉTÉ MALGRÉ UN ACTIF NET DEVENU INFÉRIEUR À LA MOITIÉ DU CAPITAL SOCIAL. ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 08-10-2021

- **Mention n° 15 du 16/11/2022** CONTINUATION DE LA SOCIÉTÉ MALGRÉ UN ACTIF NET DEVENU INFÉRIEUR À LA MOITIÉ DU CAPITAL SOCIAL. ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 21-10-2022

**Adresse du siège** 30 boulevard Richard Lenoir 75011 Paris

**Activités principales** Le développement, la construction, l'exploitation, la commercialisation et la promotion de projets éoliens. La production, la distribution et la vente d'électricité et la commercialisation à partir de sources d'énergie renouvelables pour ces projets

**Durée de la personne morale** Jusqu'au 23/01/2117  
**Date de clôture de l'exercice social** 31 décembre

## GESTION, DIRECTION, ADMINISTRATION, CONTRÔLE, ASSOCIÉS OU MEMBRES

## Président

**Dénomination** Elicio France  
**Forme juridique** Société par actions simplifiée  
**Adresse** 30 boulevard Richard Lenoir 75011 Paris  
**Immatriculation au RCS, numéro** 501 530 299 Paris

## Commissaire aux comptes titulaire

**Dénomination** ERNST & YOUNG AUDIT  
**Forme juridique** Société par actions simplifiée  
**Adresse** 1-2 place des Saisons - Paris la Défense 1 92400 Courbevoie  
**Immatriculation au RCS, numéro** 344 366 315 Nanterre

## RENSEIGNEMENTS RELATIFS À L'ACTIVITÉ ET À L'ÉTABLISSEMENT PRINCIPAL

**Adresse de l'établissement** 30 boulevard Richard Lenoir 75011 Paris

**Nom commercial** ELICIO LA CRAYERE

**Activité(s) exercée(s)** Le développement, la construction, l'exploitation, la commercialisation et la promotion de projets éoliens. La production, la distribution et la vente d'électricité et la commercialisation à partir de sources d'énergie renouvelables pour ces projets

**Date de commencement d'activité** 01/01/2018

**Origine du fonds ou de l'activité** Création

Greffes du Tribunal de Commerce de Paris  
1 QUAI DE LA CORSE  
75198 PARIS CEDEX 04

N° de gestion 2018B02103

Mode d'exploitation

Exploitation directe

Le Greffier



*[Signature]*

FIN DE L'EXTRAIT



10 - 7 Type certificate

PUBLIC

PUBLIC



TYPE CERTIFICATE

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-07983-0 Issued: 2021-08-20 Valid until: 2026-02-17

Issued for: EnVentus V162

Specified in Annex 1

Issued to: Vestas Wind Systems A/S

Hedeager 42 8200 Aarhus N Denmark

According to: DNVGL-SE-0074:2018-01 Type and component certification of wind turbines according to IEC 61400-22

Based on the document: FER-TC-DNVGL-SE-0074-07983-0 Final Evaluation Report, dated 2021-08-20

Additional references according to above report are given in Annex 2.

Changes of the system design, the production and erection or the manufacturer's quality system are to be approved by DNV.

Hellerup, 2021-08-20 For DNV Renewables Certification

Bente Vestergaard

Service line leader



By DAKKS according to DIN EN IEC 17065 accredited Certification Body for products. The accreditation is valid for the fields of certification listed in the certificate.

Hellerup, 2021-08-20 For DNV Renewables Certification

Mark Wollenberg

Project manager

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkei 18, 20457 Hamburg. DNV Renewables Certification is the trading name of DNV's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE: This document contains valuable confidential information of Vestas Wind Systems A/S. It is protected by copyright law as an unpublished work. Vestas reserves all patent, copyright, trade secret, and other proprietary rights to it. The information in this document may not be used, reproduced, or disclosed except if and to the extent rights are expressly granted by Vestas in writing and subject to applicable conditions. Vestas disclaims all warranties except as expressly granted by written agreement and is not responsible for unauthorized use, for which it may pursue legal remedies against responsible parties.

Original Instruction: T05 0109-5850 VER 00

T05 0109-5850 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2022-02-07 by MAOCL



TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-07983-0

Page 2 of 9

Table with 2 columns: General, Wind conditions, Electrical network conditions, Other environmental conditions. Rows include Wind Turbine class, Power regulation, Rotor orientation, Rotor tilt, Cone angle, Rated power, Rated wind speed v\_r, Rotor diameter, Hub height(s), Hub height operating wind speed range V\_in - V\_out, Design lifetime, Software version, Reference turbulence intensity NTM at V\_hub, Reference turbulence intensity ETM at V\_hub, Annual average wind speed at hub height v\_ave, Weibull shape factor k, Wind shear exponent for normal wind conditions alpha, Mean flow inclination, 50 Year mean wind speed (10min avg.), V50, 1 Year mean wind speed (10min avg.), V1, Normal supply voltage and range, Normal supply frequency and range, Voltage imbalance, Maximum duration of electrical power network outages, Number of electrical network outages, Normal and extreme temperature ranges, Operating temperature, Extreme temperature, stand still, Relative humidity of the air, Air density, Solar radiation, Description of lightning protection system, Other design conditions.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkei 18, 20457 Hamburg. DNV Renewables Certification is the trading name of DNV's certification business in the renewable energy industry.

Original Instruction: T05 0109-5850 VER 00

T05 0109-5850 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2022-02-07 by MAOCL

PUBLIC



# TYPE CERTIFICATE – ANNEX 1

Certificate No.:  
TC-DNVGL-SE-0074-07983-0

Page 3 of 9

## Major components

|                                 |   |   |
|---------------------------------|---|---|
| <b>Blade</b>                    | Type  | EnVentus V162   |
|                                 | Manufacturer  | Vestas Wind Systems A/S   |
|                                 | Material  | Carbon- and Glass-fibre reinforced plastic  |
|                                 | Blade length  | 79.35 m   |
|                                 | Number of blades  | 3   |
| Drawing / Data sheet / Part no. |   | A005-7881, Rev 6<br>A007-1149, Rev. 1 and A007-1150, Rev. 2 (AAO Assembly Drawings) |
| <b>Blade bearing</b>            | Type  | Three row roller bearing  |
|                                 | Manufacturer  | Vestas Wind Systems A/S   |
|                                 | Drawing / Data sheet / Part no.<br>DWG: 29156026, Rev. 2<br>TPS: 0023-3088, Rev. 7                          |   |
| <b>Pitch system</b>             | Type  | Double acting hydraulic cylinder  |
|                                 | Manufacturer  | Vestas Wind Systems A/S   |
|                                 | Controller type   | Hydraulic   |
|                                 | Motor / Actuator  | Double acting hydraulic cylinder  |
|                                 | Drawing / Data sheet / Part no.   |   |
| <b>Main shaft</b>               | Type  | Cast Iron   |
|                                 | Material  | EN-GJS-500-14   |
|                                 | Drawing / Data sheet / Part no.<br>29203608, PDM Rev. 3.3   |   |
| <b>Main bearing</b>             | Type  | Two single row tapered roller bearings  |
|                                 | Manufacturer  | Schaeffler Technologies AG & Co. KG   |
|                                 | Drawing / Data sheet / Part no.<br>EDD F-636693.TR1-WPOS 000, Rev. AD<br>EDD F-636694.TR1-WPOS 000, Rev. AC |   |
|                                 | Type  | Two single row tapered roller bearings  |
|                                 | Manufacturer  | Thyssenkrupp, Rothe Erde Germany GmbH   |
|                                 | Drawing / Data sheet / Part no.<br>PSL612-436, Rev. 1<br>PSL612-437, Rev. 2                                 |   |
| <b>Gearbox</b>                  | Type  | Two single row tapered roller bearings  |
|                                 | Manufacturer  | SKF GmbH  |
|                                 | Drawing / Data sheet / Part no.<br>BT1-8235 A, Rev. 1<br>BT1-8236 A, Rev. 5                                 |   |
| <b>Gearbox</b>                  | Type  | 2 stage planetary gearbox, EF 1205  |
|                                 | EF1205A-001 (5.0 / 5.4 / 5.6 MW)<br>EF1205B-001 (5.0 / 5.4 / 5.6 MW)  |   |

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkei 18, 20457 Hamburg, DNV Renewables Certification is the trading name of DNV's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0109-5850 VER 00

T05 0109-5850 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2022-02-07 by MAOCL

PUBLIC



# TYPE CERTIFICATE – ANNEX 1

Certificate No.:  
TC-DNVGL-SE-0074-07983-0

Page 4 of 9

|                                 |   |  |
|---------------------------------|---|--|
| <b>Generator</b>                | Type  | EF1205A-002 (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW)<br>EF1205B-002 (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW)<br>EF1205B-011 (5.0 / 5.4 / 5.6 MW)<br>EF1205B-012 (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW) |
|                                 | Manufacturer  | ZF Wind Power  |
|                                 | Gear ratio  | 1:43,875 (EF1205A-001, EF1205B-001, EF1205A-002, EF1205B-002)<br>1:44,100 (EF1205B-011, EF1205B-012)   |
|                                 | Drawing / Data sheet / Part no.<br>096-EF1205A002, Rev. A<br>096-EF1205B001, Rev. A |  |
|                                 | <b>Yaw system</b>   | Drive type   |
| Drive manufacturer              |   | Lafert   |
| Drawing / Data sheet / Part no. |   | MY10AA4A-56087   |
| Drive type                      |   | 10 x 2.5 kW, 400 V, 60 Hz asynchronous motors  |
| Drive manufacturer              |   | Lafert   |
| Drawing / Data sheet / Part no. |   | MY10AA4A-56088   |
| Bearing type                    |   | Preloaded sliding bearing, PETP pads   |
| Bearing manufacturer            |   | Vestas Wind Systems A/S  |
| Drawing / Data sheet / Part no. |   | 29190369, Rev. 0   |
| Gear type                       |   | 4 planetary stages, i = 946  |
| Gear manufacturer               |   | Bonfiglioli  |
| Drawing / Data sheet / Part no. |   | I7090T014900, Rev. E   |
| Gear type                       |   | 4 planetary stages, i = 948  |
| Gear manufacturer               |   | Comer  |
| Drawing / Data sheet / Part no. |   | N07388_05, Rev. 5  |
| Brake type                      |   | 10 x 2.2 kW, 400 V, 50 Hz asynchronous motors  |
| Brake manufacturer              |   | Lafert   |
| Drawing / Data sheet / Part no. |   | MY10AA4A-56087   |
| Brake type                      |   | 10 x 2.5 kW, 400 V, 60 Hz asynchronous motors  |
| Brake manufacturer              |   | Lafert   |
| Drawing / Data sheet / Part no. |   | MY10AA4A-56088   |
| <b>Generator</b>                | Type  | V14-7 / V14-14<br>PMG  |
|                                 | Manufacturer  | Vestas Wind Systems A/S  |
|                                 | Rated power range   | 6071 kW to 6478 kW   |
|                                 | Rated frequency   | 122.7 Hz   |
| Rated speed                     |   | 409 RPM  |

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkei 18, 20457 Hamburg, DNV Renewables Certification is the trading name of DNV's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0109-5850 VER 00

T05 0109-5850 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2022-02-07 by MAOCL

PUBLIC



# TYPE CERTIFICATE – ANNEX 1

Certificate No.:  
TC-DNVGL-SE-0074-07983-0

Page 5 of 9

|                    |                                 |                                      |
|--------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
|                    | Rated voltage                   | 800 V                                |
|                    | Rated current range             | 5657 A to 6100 A                     |
|                    | Insulation class                | H                                    |
|                    | Degree of protection            | IP54                                 |
|                    | Drawing / Data sheet / Part no. | 0085-6986, Rev. 2                    |
| <b>Converter</b>   | Type                            | CubePower 4415<br>Full quadrant IGBT |
|                    | Manufacturer                    | Vestas Wind Systems A/S              |
|                    | Rated grid voltage              | 720 V                                |
|                    | Rated grid side current range   | 4x1475 A to 4x1512 A                 |
|                    | Rated grid frequency            | 50 / 60 Hz                           |
|                    | Degree of protection            | IP54                                 |
|                    | Drawing / Data sheet / Part no. | 0077-0958, Rev. 3                    |
| <b>Transformer</b> | Type                            | MINERA MP                            |
|                    | Manufacturer                    | Schneider Electric                   |
|                    | Rated voltage                   | 33/0,72 kV                           |
|                    | Rated power                     | 7000 kVA                             |
|                    | Rated grid frequency            | 50 Hz                                |
|                    | Drawing / Data sheet / Part no. | A006-0649, Rev. 0                    |
|                    | Type                            | MINERA MP                            |
|                    | Manufacturer                    | Schneider Electric                   |
|                    | Rated voltage                   | 33/0,72 kV                           |
|                    | Rated power                     | 7300 kVA                             |
|                    | Rated grid frequency            | 50 Hz                                |
|                    | Drawing / Data sheet / Part no. | A012-2583, Rev. 0                    |
|                    | Type                            | MINERA MP                            |
|                    | Manufacturer                    | Schneider Electric                   |
|                    | Rated voltage                   | 34,5/0,72 kV                         |
|                    | Rated power                     | 7000 kVA                             |
|                    | Rated grid frequency            | 60 Hz                                |
|                    | Drawing / Data sheet / Part no. | A008-6903, Rev. 00                   |
|                    | Type                            | MINERA MP                            |
|                    | Manufacturer                    | Schneider Electric                   |
|                    | Rated voltage                   | 34,5/0,72 kV                         |
|                    | Rated power                     | 7300 kVA                             |
|                    | Rated grid frequency            | 60 Hz                                |
|                    | Drawing / Data sheet / Part no. | A012-2585, Rev. 00                   |
|                    | Type                            | TDU-703A03W1N-TU                     |
|                    | Manufacturer                    | Siemens                              |

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkei 18, 20457 Hamburg.  
DNV Renewables Certification is the trading name of DNV's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0109-5850 VER 00

T05 0109-5850 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2022-02-07 by MAOCL

PUBLIC



# TYPE CERTIFICATE – ANNEX 1

Certificate No.:  
TC-DNVGL-SE-0074-07983-0

Page 6 of 9

|                                |                                 |                       |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
|                                | Rated voltage                   | 33/0,72 kV            |
|                                | Rated power                     | 7000 kVA              |
|                                | Rated grid frequency            | 50 Hz                 |
|                                | Drawing / Data sheet / Part no. | A006-0648, Rev. 0     |
|                                | Type                            | TDU-753A03W1N-TU      |
|                                | Manufacturer                    | Siemens               |
|                                | Rated voltage                   | 31,5/0,72 kV          |
|                                | Rated power                     | 7300 kVA              |
|                                | Rated grid frequency            | 50 Hz                 |
|                                | Drawing / Data sheet / Part no. | A012-2580, Rev. 0     |
| <b>High-voltage switchgear</b> | Type                            | 8DJH                  |
|                                | Manufacturer                    | Siemens               |
|                                | Rated voltage Um                | 24 kV                 |
|                                | Rated current                   | 630 A                 |
|                                | Rated grid frequency            | 50 / 60 Hz            |
|                                | IAC classification              | IAC AFLR 21 kA 1s     |
|                                | Drawing / Data sheet / Part no. | 0074-5221, Rev. 0     |
|                                | Type                            | CGM,3                 |
|                                | Manufacturer                    | Ormazabal             |
|                                | Rated voltage Um                | 36 kV                 |
|                                | Rated current                   | 630 A                 |
|                                | Rated grid frequency            | 50 / 60 Hz            |
|                                | IAC classification              | IAC AFLR 25 kA 1s     |
|                                | Drawing / Data sheet / Part no. | 0060-9738, Rev. 0     |
|                                | Type                            | SafePlus 36           |
|                                | Manufacturer                    | ABB                   |
|                                | Rated voltage Um                | 36 kV                 |
|                                | Rated current                   | 630 A                 |
|                                | Rated grid frequency            | 50 Hz                 |
|                                | IAC classification              | IAC AFLR 25 kA 1s     |
|                                | Drawing / Data sheet / Part no. | 0074-5222, Rev. 1     |
|                                | Type                            | SafePlus 36 -V (38kV) |
|                                | Manufacturer                    | ABB                   |
|                                | Rated voltage Um                | 38 kV                 |
|                                | Rated current                   | 600 A                 |
|                                | Rated grid frequency            | 60 Hz                 |
|                                | IAC classification              | IAC AFLR 25 kA 1s     |
|                                | Drawing / Data sheet / Part no. | A005-9707, Rev. 0     |

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkei 18, 20457 Hamburg.  
DNV Renewables Certification is the trading name of DNV's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0109-5850 VER 00

T05 0109-5850 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2022-02-07 by MAOCL

PUBLIC



## TYPE CERTIFICATE – ANNEX 1

Certificate No.:  
TC-DNVGL-SE-0074-07983-0

Page 7 of 9

|                                 |                                     |                               |
|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Tower</b>                    | Type                                | Conical and cylindrical steel |
|                                 | Manufacturer                        | Vestas Wind Systems A/S       |
|                                 | Number of sections                  | 5                             |
|                                 | Length                              | 116.31 m (HH119)              |
| Drawing / Data sheet / Part no. |                                     | A007-7582, Rev. 02 (TA27701)  |
|                                 |                                     |                               |
|                                 | Type                                | Conical and cylindrical steel |
|                                 | Manufacturer                        | Vestas Wind Systems A/S       |
|                                 | Number of sections                  | 5                             |
|                                 | Length                              | 122.27 m (HH125)              |
| Drawing / Data sheet / Part no. |                                     | A009-5384, Rev. 2 (TA27D00)   |
|                                 |                                     |                               |
| <b>Manuals</b>                  | Overview manual                     | 0101-7630, Rev. 0             |
|                                 | O&M manual                          | 0098-7505, Rev. 1             |
|                                 |                                     | 0098-7507, Rev. 5             |
|                                 | Transport manual                    | 0098-7497, Rev. 0             |
|                                 | Installation / Commissioning manual | 0098-7502, Rev. 7             |
|                                 | 0098-7504, Rev. 0                   |                               |

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorai 18, 20457 Hamburg, DNV Renewable Certification is the trading name of DNV's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0109-5850 VER 00

T05 0109-5850 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2022-02-07 by MAOCL

PUBLIC



## TYPE CERTIFICATE – ANNEX 2

Certificate No.:  
TC-DNVGL-SE-0074-07983-0

Page 8 of 9

The certification is based on the following documents, in addition to the document(s) listed on the front page of this certificate:

|                          |   |
|--------------------------|---|
| DB-DNVGL-SE-0074-07984-0 | Design Basis Conformity Statement, dated 2021-08-20       |
| DE-DNVGL-SE-0074-07985-0 | Design Evaluation Conformity Statement, dated 2021-08-20  |
| TT-DNVGL-SE-0074-07986-0 | Type Test Conformity Statement, dated 2021-08-20          |
| ME-DNVGL-SE-0074-07987-0 | Manufacturing Evaluation Conformity Statement, 2021-08-20 |

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorai 18, 20457 Hamburg, DNV Renewable Certification is the trading name of DNV's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0109-5850 VER 00

T05 0109-5850 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2022-02-07 by MAOCL

PUBLIC



# TYPE CERTIFICATE – ANNEX 3

Certificate No.:  
TC-DNVGL-SE-0074-07983-0

Page 9 of 9

## Configuration matrix:

| General   |                 |                         |                         |
|---|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| Rated wind speed vr for                                 | 5400kW          | 10,0 m/s                | 10,3 m/s                |
|   | 5600kW          | 10,2 m/s                | 10,5 m/s                |
|   | 6000kW          | 10,5 m/s                | 10,8 m/s                |
| Hub heights   |                 | HH119 m (TA27701)       | HH125m (TA27D00)        |
|   |                 |                         |                         |
| Wind conditions   |                 |                         |                         |
| Reference turbulence intensity NTM at $v_{hub}$         |                 | 0,15                    | 0,14                    |
| Annual average wind speed at hub height $v_{avg}$       |                 | 7,4 m/s                 | 8,5 m/s                 |
| Weibull shape factor k                                  |                 | 2,48                    | 2,3                     |
| Wind shear exponent for normal wind conditions $\alpha$ |                 | 0,3°                    | 0,2°                    |
| 50 Year mean wind speed (10min avg.), V50               |                 | 37,1 m/s                | 37,5 m/s                |
| 1 Year mean wind speed (10min avg.), V1                 |                 | 29,7 m/s                | 30,0 m/s                |
| Other environmental conditions                          |                 |                         |                         |
| Air density   | normal          | 1,220 kg/m <sup>3</sup> | 1,134 kg/m <sup>3</sup> |
|   | low temperature | 1,325 kg/m <sup>3</sup> | 1,325 kg/m <sup>3</sup> |

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrielle Services GmbH, Brooktorkai 18, 20457 Hamburg. DNV Renewables Certification is the trading name of DNV's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0109-5850 VER 00

T05 0109-5850 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2022-02-07 by MAOCL

PUBLIC



Certificate No.  
**IECRE.WE.TC.19.0075-R6**

**TYPE CERTIFICATE**

**Wind Turbine**

IECRE - IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications

This certificate is issued to

Vestas Wind Systems A/S  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N  
Denmark

for the wind turbine

Vestas V150-4.0 MW / V150-4.2 MW

wind turbine class (class, standard, year)

Annex 1, IEC 61400-1: 2005+Amd1: 2010

This certificate attests compliance with IEC 61400 Series as specified in subsequent pages. It is based on the following reference documents:

|   |  |
|---|--|
| Design basis evaluation conformity statement Dated  | DB-DNVGL-SE-0074-05341-4<br>2020-05-04     |
| Design evaluation conformity statement Dated        | DE-DNVGL-SE-0074-04352-6<br>2020-05-04     |
| Type test conformity statement Dated                | TT-DNVGL-SE-0074-05340-4<br>2020-05-04     |
| Manufacturing evaluation conformity statement Dated | ME-DNVGL-SE-0074-05339-6<br>2020-12-22     |
| Final evaluation report Dated                       | FER-TC-DNVGL-SE-0074-05338-6<br>2020-12-22 |

The conformity evaluation was carried out in accordance with the rules and procedures of the IECRE System [www.iecre.org](http://www.iecre.org)

The wind turbine type specification begins on page 2 of this certificate.

Changes in the system design or the manufacturer's quality system are to be approved by DNV GL. Without approval, the certificate loses its validity.

This certificate is valid until:  
2024-12-12

Approved for issue on behalf of the IECRE  
Certification Body:  
  
Ramakrishna Parasarampuram / Dante Vestergaard  
Project Manager / Service Line Leader, Type Certification  
Hamburg/Hellerup 2020-12-22

Renewables Certification  
Brooktorkai 18  
20457 Hamburg, Germany

Issued 2020-12-22

1/10

VESTAS PROPRIETARY NOTICE: This document contains valuable confidential information of Vestas Wind Systems A/S. It is protected by copyright law as an unpublished work. Vestas reserves all patent, copyright, trade secret, and other proprietary rights to it. The information in this document may not be used, reproduced, or disclosed except if and to the extent rights are expressly granted by Vestas in writing and subject to applicable conditions. Vestas disclaims all warranties except as expressly granted by written agreement and is not responsible for unauthorized uses, for which it may pursue legal remedies against responsible parties.

Original Instruction: T05 0089-6827 VER 07

T05 0089-6827 Ver 07 - Approved- Exported from DMS: 2021-03-12 by FAFCA

PUBLIC

|   |                               |
|---|-------------------------------|
|  <p>IECRE - IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications</p> | Certificate No.               |
|   | <b>IECRE.WE.TC.19.0075-R6</b> |
|   | <b>TYPE CERTIFICATE</b>       |
|   | <b>Wind Turbine</b>           |

**Machine parameters:**

|  |                              |
|--|------------------------------|
| Power regulation:  | pitch-controlled             |
| Rotor orientation:   | Upwind                       |
| Number of rotor blades:                                    | 3                            |
| Rotor tilt:  | 6.0°                         |
| Cone angle:  | -5.5°                        |
| Rated power:   | 4000 kW / 4200 kW            |
| Rated wind speed $V_r$ :                                   | Annex 1                      |
| Rotor diameter:  | 150 m                        |
| Hub height(s):   | Annex 1                      |
| Hub height operating wind speed range $V_{in} - V_{out}$ : | 3.0 – 24.5 m/s (HWO enabled) |
| Design life time:  | 20 years                     |
| Software version:  | 2019.06                      |

**Wind conditions:**

|  |          |
|--|----------|
| Characteristic turbulence intensity $I_{ref}$ at $V_{hub} = 15$ m/s: | Annex 1  |
| Annual average wind speed at hub height $V_{ave}$ :                  | Annex 1  |
| Reference wind speed $V_{ref}$ :                                     | 37.5 m/s |
| Mean flow inclination:   | 8°       |

**Electrical network conditions:**

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Normal supply voltage and range:                      | 720 V                    |
| Normal supply frequency and range:                    | 50 or 60 Hz $\pm$ 6 % Hz |
| Voltage imbalance:                                    | IEC 61000-3-6 TR max 2 % |
| Maximum duration of electrical power network outages: | Two 3 months periods     |
| Number of electrical network outages:                 | Max 52 per year          |

Issued 2020-12-22

2/10

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original | Instruction: T05 0088-6827 VER 07

T05 0088-6827 Ver 07 - Approved- Exported from DMS: 2021-03-12 by FAFCA

PUBLIC

|   |                               |
|---|-------------------------------|
|  <p>IECRE - IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications</p> | Certificate No.               |
|   | <b>IECRE.WE.TC.19.0075-R6</b> |
|   | <b>TYPE CERTIFICATE</b>       |
|   | <b>Wind Turbine</b>           |

**Other environmental conditions (where taken into account):**

|  |   |
|--|---|
| Normal and extreme temperature ranges:                       | Normal: -20°C to +45°C*<br>Extreme: -30°C to +50°C  |
| Low temperature turbine                                      | Normal: -30°C to +45°C*<br>Extreme: -40°C to +50°C  |
| Relative humidity of the air:                                | 100% (max 40% of time) and 90% (rest of life time)  |
| Air density:   | 1.225 kg/m <sup>3</sup> (for normal operation)<br>1.325 kg/m <sup>3</sup> (for low temperature operation) |
| Solar radiation:   | 1000 W/m <sup>2</sup>   |
| Lightning protection system (standard and protection class): | Designed acc. to IEC 61400-24, Protection Level 1 and IEC 61312-1   |

\*de-rating strategy above +30°C for 4.0MW and above +20°C for 4.2MW

Issued 2020-12-22

3/10

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original | Instruction: T05 0088-6827 VER 07

T05 0088-6827 Ver 07 - Approved- Exported from DMS: 2021-03-12 by FAFCA

PUBLIC

|   |   |
|---|---|
|  <p>IECRE - IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications</p> | Certificate No.<br><b>IECRE.WE.TC.19.0075-R6</b>          |
|   | <p><b>TYPE CERTIFICATE</b></p> <p><b>Wind Turbine</b></p> |

Original Instruction: T05 0088-6827 VER 07

**Major components:**

\*\*If not otherwise stated, the certificate holder is the manufacturer.

**Blade:**

Type: Hybrid / Infused  
 Material: Carbon fibre reinforced epoxy and glass fibre reinforced epoxy  
 Blade length: 73.65 m  
 Number of blades: 3  
 Manufacturer: Vestas Wind Systems A/S  
 Drawing / Data sheet / Part No.: 0069-0345, Rev. 3  
 0069-2202, Rev. 7 (OLPS)

**Blade Aero Addons:**

Type: STE's and RVG's  
 Manufacturer: Vestas Wind Systems A/S  
 Drawing / Data sheet / Part no.: STE Kit: 0072-2639, Rev. 0  
 RVG: 0073-5893, Rev. 0

**Blade bearing:**

Type: Triple row cylinder bearing  
 Drawing / Data sheet / Part no.: 29110524, Rev. 3  
 TPS no.: 0023-3088, Rev. 5

**Pitch System:**

Type: Hydraulic power unit  
 Manufacturer: LJM/HINE/Liebherr/Hengli  
 Hydraulic Cylinder (180/110x922): 29111326, Rev. 1

Type: Pitch Actuation Module  
 Manufacturer: Vestas Wind Systems A/S  
 Drawing / Data sheet / Part no.: 29111583, Rev. 1

Issued 2020-12-22

4/10

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

T05 0088-6827 Ver 07 - Approved- Exported from DMS: 2021-03-12 by FAFCA

PUBLIC

|   |   |
|---|---|
|  <p>IECRE - IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications</p> | Certificate No.<br><b>IECRE.WE.TC.19.0075-R6</b>          |
|   | <p><b>TYPE CERTIFICATE</b></p> <p><b>Wind Turbine</b></p> |

Original Instruction: T05 0088-6827 VER 07

**Main shaft:**

Type: Cast iron  
 Material: EN-GJS-500-14  
 Drawing / Data sheet / Part no.: 29085300, Rev. 4

**Main bearing:**

Type: Spherical Roller Bearing  
 Manufacturer: FAG  
 Drawing / Data sheet / Part no.: F-582562.PRL-WPO 000

**Main bearing:**

Type: Spherical Roller Bearing  
 Manufacturer: SKF  
 Drawing / Data sheet / Part no.: 240/950 CA / C3LW33VQ113

**Main bearing:**

Type: Spherical Roller Bearing  
 Manufacturer: JTKET / KOYO  
 Drawing / Data sheet / Part no.: 240/950 RHAW33TS1CS

**Gearbox:**

Type: 2 stage planetary and 1 helical stage gearbox  
 Manufacturer: ZF (EH1052A)  
 Gear ratio: 1:143.37  
 Drawing / Data sheet / Part no.: 096-EH1052A001, Rev. A

**Gearbox:**

Type: 2 stage planetary and 1 helical stage gearbox  
 Manufacturer: Winergy (PZAB 3580)  
 Gear ratio: 1:142.76  
 Drawing / Data sheet / Part no.: A5E45622888A, rev.2

Issued 2020-12-22

5/10

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

T05 0088-6827 Ver 07 - Approved- Exported from DMS: 2021-03-12 by FAFCA

PUBLIC

|   |                               |
|---|-------------------------------|
|  <p>IECRE - IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications</p> | Certificate No.               |
|   | <b>IECRE.WE.TC.19.0075-R6</b> |
| <p><b>TYPE CERTIFICATE</b></p> <p><b>Wind Turbine</b></p>   |                               |

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Yaw System:</b>               |   |
| Drive type:                      | 8 x 2.7 kW, 400 V, 50 Hz asynchronous motors      |
| Drive manufacturer:              | Lafert  |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | MZ10/A4A-55337                                    |
|                                  |   |
| Drive type:                      | 8 x 3.2 kW, 400 V, 60 Hz asynchronous motors      |
| Drive manufacturer:              | Lafert  |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | MZ10/A4A-55338                                    |
|                                  |   |
| Drive type:                      | 8 x 2.7 kW, 400 V, 50 Hz asynchronous motors      |
| Drive manufacturer:              | ABB   |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | 3GZF500810-23 A 14 AA 100 A                       |
|                                  |   |
| Drive type:                      | 8 x 3.2 kW, 400 V, 60 Hz asynchronous motors      |
| Drive manufacturer:              | ABB   |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | 3GZF500810-23 A 14 AA 100 A                       |
|                                  |   |
| Drive type:                      | 8 x 2.7 kW, 400 V, 50 Hz asynchronous motors      |
| Drive manufacturer:              | Bonfiglioli                                       |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | CD00006614-02                                     |
|                                  |   |
| Drive type:                      | 8 x 3.2 kW, 400 V, 60 Hz asynchronous motors      |
| Drive manufacturer:              | Bonfiglioli                                       |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | CD00007013-01                                     |
|                                  |   |
| Gear type:                       | Bevel stage and three planetary stages, i = 952.3 |
| Gear manufacturer:               | Bonfiglioli                                       |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | I7090T010300                                      |
| Issued 2020-12-22                | 6/10  |

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0088-6827 VER 07

T05 0088-6827 Ver 07 - Approved-Exported from DMS: 2021-03-12 by FAFCA

PUBLIC

|   |                               |
|---|-------------------------------|
|  <p>IECRE - IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications</p> | Certificate No.               |
|   | <b>IECRE.WE.TC.19.0075-R6</b> |
| <p><b>TYPE CERTIFICATE</b></p> <p><b>Wind Turbine</b></p>   |                               |

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Gear type:                       | Bevel stage and three planetary stages, i = 935 |
| Gear manufacturer:               | Comer   |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | N07297_01                                       |
|                                  |   |
| Bearing type:                    | Preloaded sliding bearing, PETP pads            |
| Bearing manufacturer:            | Vestas Wind Systems A/S                         |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | 29104726, Rev. 0                                |
|                                  |   |
| <b>Generator:</b>                |   |
| Type:                            | DASG 560/6M, Induction generator                |
| Manufacturer:                    | Vestas Nacelles Deutschland (VND)               |
| Rated power:                     | 4450 kW   |
| Rated frequency:                 | 74 Hz   |
| Rated speed:                     | 1485 rpm  |
| Rated voltage:                   | 800 V   |
| Rated current:                   | 3650 A  |
| Insulation class:                | H   |
| Degree of protection:            | IP54  |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | 0071-4454, Rev. 0                               |
|                                  |   |
| <b>Converter:</b>                |   |
| Type:                            | Full quadrant IGBT                              |
| Manufacturer:                    | Vestas Wind Systems A/S                         |
| Rated voltage machine/grid:      | 720 Vrms / 800 Vrms                             |
| Rated current:                   | 3200 A  |
| Degree of protection:            | IP54  |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | 0069-2805, Rev. 0                               |
|                                  |   |
| <b>Transformer:</b>              |   |
| Type:                            | Cast-Resin transformer 4GY6781-1EY              |
| Manufacturer:                    | Siemens   |
| Issued 2020-12-22                | 7/10  |

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0088-6827 VER 07

T05 0088-6827 Ver 07 - Approved-Exported from DMS: 2021-03-12 by FAFCA

PUBLIC

|   |   |
|---|---|
|  <p>IECRE - IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications</p> | Certificate No.<br><b>IECRE.WE.TC.19.0075-R6</b>  |
|   | <p align="center"><b>TYPE CERTIFICATE</b></p> <p align="center"><b>Wind Turbine</b></p> |

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Rated voltage:                   | 33 / 0.72 V                              |
| Degree of protection:            | IP00                                     |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | 0073-7914, Rev. 0                        |
| Type:                            | Cast-Resin transformer<br>DTTH1N 5000/30 |
| Manufacturer:                    | SGB                                      |
| Rated voltage:                   | 33 / 0.72 V                              |
| Degree of protection:            | IP00                                     |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | 0073-7915, Rev. 02                       |
| Tower:                           |  |
| Type:                            | Conical steel                            |
| Number of sections:              | 4  |
| Length:                          | 102.6 m (HH 105 m)                       |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | 0074-7302 Rev.0 (T966901)                |
| Tower:                           |  |
| Type:                            | Conical steel                            |
| Number of sections:              | 5  |
| Length:                          | 102.6 m (HH 105 m)                       |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | A005-4762, Rev.0 (T966906)               |
| Tower:                           |  |
| Type:                            | Conical steel                            |
| Number of sections:              | 5  |
| Length:                          | 102.6 m (HH 105 m)                       |
| Drawing / Data sheet / Part no.: | 0068-6713, Rev.4 (T966900)               |
| Tower:                           |  |
| Type:                            | Conical steel                            |
| Number of sections:              | 6  |
| Length:                          | 152.6 m (HH 155 m)                       |
| Issued 2020-12-22                | 8/10                                     |

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0088-6827 VER 07

T05 0088-6827 Ver 07 - Approved-Exported from DMS: 2021-03-12 by FAFCA

PUBLIC

|   |   |
|---|---|
|  <p>IECRE - IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications</p> | Certificate No.<br><b>IECRE.WE.TC.19.0075-R6</b>  |
|   | <p align="center"><b>TYPE CERTIFICATE</b></p> <p align="center"><b>Wind Turbine</b></p> |

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Drawing / Data sheet / Part no.:    | 0078-9884 Rev.2 (T969B00)                     |
| <b>Manuals:</b>                     |   |
| Operating manual:                   | 0079-9811, Rev. 1                             |
| Transportation and handling manual: | 0079-9801, Rev. 2                             |
| Installation manual:                | 0079-9663, Rev. 2                             |
| Commissioning manual:               | 0079-9665, Rev. 0                             |
| <b>Service lift:</b>                |   |
| Manufacturer:                       | Avanti  |
| Type:                               | Avanti Shark / Avanti Dolphin / Avanti Beluga |
| <b>Manufacturer:</b>                | Power climber                                 |
| Type:                               | Sherpa-SD4                                    |
| <b>Crane:</b>                       |   |
| Manufacturer:                       | Star 071/95 Liftket                           |
| Maximum lifting capacity:           | max 800 kg                                    |

Issued 2020-12-22

9/10

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0088-6827 VER 07

T05 0088-6827 Ver 07 - Approved-Exported from DMS: 2021-03-12 by FAFCA

PUBLIC

|   |   |
|---|---|
|  <p>IECRE - IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications</p> | Certificate No.<br><b>IECRE.WE.TC.19.0075-R6</b>          |
|   | <p><b>TYPE CERTIFICATE</b></p> <p><b>Wind Turbine</b></p> |

Original Instruction: T05 0088-8827 VER 07

Annex 1

Configurations covered by this Type Certificate

| ID* | Variants    | Hub Height    | IEC WT class        | Turbulence Intensity Iref | Rated wind speed V <sub>r</sub> | Mean wind speed V <sub>ave</sub> |
|-----|-------------|---------------|---------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1.1 | V150-4.0 MW | 105 (T988901) | IEC 3B              | 0.14                      | 9.7 m/s                         | 7.5 m/s                          |
| 1.2 | V150-4.2 MW | 105 (T988901) | S (based on IEC 3B) | 0.14                      | 9.9 m/s                         | 7.0 m/s                          |
| 1.3 | V150-4.0MW  | 105 (T988900) | IEC 3C              | 0.12                      | 9.8 m/s                         | 7.5 m/s                          |
| 1.4 | V150-4.2 MW | 105 (T988900) | S (based on IEC 3C) | 0.12                      | 10.1 m/s                        | 7.0 m/s                          |
| 1.5 | V150-4.0MW  | 105 (T988906) | IEC 3B              | 0.14                      | 9.7 m/s                         | 7.5 m/s                          |
| 1.6 | V150-4.2 MW | 105 (T988906) | S (based on IEC 3B) | 0.14                      | 9.9 m/s                         | 7.0 m/s                          |
| 2.1 | V150-4.0MW  | 155 (T989800) | IEC 3B              | 0.14                      | 9.7 m/s                         | 7.5 m/s                          |
| 2.2 | V150-4.2 MW | 155 (T989800) | S (based on IEC 3B) | 0.14                      | 9.9 m/s                         | 7.0 m/s                          |

\* The ID follows the hub height with its first digit, the second digit is only consecutive to identify the different configurations within one hub height

T05 0088-8827 Ver 07 - Approved- Exported from DMS: 2021-03-12 by FAFCA

Issued 2020-12-22

10/10

VESTAS PROPRIETARY NOTICE