

Résumé non technique de l'étude de dangers

Ferme éolienne de Charny SAS
Département de la Côte d'Or (21)
Commune de Charny



Volkswind France SAS
SAS au capital de 250 000€
R.C.S PARIS 439 906 934

Centre Régional de Montpellier
2929 Avenue Etienne Méhul
34070 MONTPELLIER
04 67 17 61 02

FEVRIER 2025 – VERSION 1



Historique des versions

Date de la version	Etabli par	Relu par	Commentaire	Nature des modifications
24 / 02 / 2025	Allan BLARDONE	Laurent MICHEL	Dépôt	

Avant-Propos

Le dossier de demande d'autorisation environnementale (DDAE) au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement relatif au projet de parc éolien de Charny sur les communes de Charny est constitué de différentes pièces distinctes, afin de faciliter sa lecture :

- **Pièce n°1** : Une lettre de demande
 - o Pièce n°1-1 : Contenu réglementaire
 - o Pièce n°1-2 : Sommaire inversé et lexique
- **Pièce n°2** : Note de présentation non technique
- **Pièce n°3** : Dossier administratif (justificatif de maîtrise foncière)
- **Pièce n°4** : Etude d'impact du projet sur l'environnement, à laquelle sont joints les documents suivants :
 - o Pièce 4-1 : Résumé non technique de l'étude d'impact
 - o Pièce 4-2 : Etude paysagère (Territoires et Paysages)
 - o Pièce 4-3 : Etude acoustique (EREA Ingénierie)
 - o Pièce 4-4 : Etude naturaliste (ENVOL Environnement)
 - o Pièce 4-5 : Etude hydrogéologique (ICEA)
- **Pièce n°5** :
 - o Pièce 5-1 : Etude de dangers
 - o Pièce 5-2 : Résumé non technique de l'étude de dangers
- **Pièce n°6** : Dossier plans, comprenant :
 - o Une carte de situation au 1/25 000ème, et un plan de l'installation au 1/2 500ème,
 - o Un plan de masse des installations au 1/1000ème, pour lequel il est demandé, par la présente, une dérogation concernant l'échelle.

Table des matières

1.Présentation du projet.....	5
1.1. Le parc éolien	5
1.2. L'éolienne	7
1.3. L'environnement.....	14
2.Détermination des enjeux.....	15
3.Détermination des agresseurs potentiels.....	18
4.Détermination des risques potentiels.....	20
5.Résultats de l'étude de dangers.....	23

Figures

Figure 1 : Phasage des travaux	5
Figure 2 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur	8
Figure 3 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne	11
Figure 4 : Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien	12
Figure 5 : Plan du poste de livraison	13
Figure 6 : Répartition des événements accidentels en France entre 2000 et 2023.....	20

Tableaux

Tableau 1 : Planning de chantier.....	5
Tableau 2 : Principaux éléments constitutifs d'une éolienne V163 – 4,5 MW et N163 – 5,9 MW	7
Tableau 3 : Principales voies d'accès au projet	15
Tableau 4 : Nombre de personnes exposées dans le périmètre d'étude de 500 m autour de chaque éolienne	16
Tableau 5 : Niveaux d'intensité.....	22
Tableau 6 : Niveaux de probabilité.....	22

Tableau 7 : Tableau de synthèse des risques et des paramètres associés pour l'ensemble des éoliennes....	23
Tableau 8 : Légende de la matrice de criticité.....	24
Tableau 9 : Matrice de criticité des différents scénarios.....	24

Cartes

Carte 1 : Plan de la Ferme éolienne de Charny (21).....	6
Carte 2 : Réseau interne du parc éolien.....	12
Carte 3 : Localisation des enjeux dans l'ensemble du périmètre d'étude.....	17
Carte 4 : Synthèse des risques.....	25

L'étude de dangers a pour rôle d'identifier les enjeux, les potentiels de dangers et les risques associés afin de déterminer et de mettre en œuvre les moyens pour en réduire les impacts et la probabilité.

Toutes les distances aux éoliennes indiquées correspondent aux distances au mât des éoliennes.

1. Présentation du projet

1.1. Le parc éolien

Le parc éolien se situe sur la commune de Charny dans le département de la Côte d'Or (21) en région Bourgogne-Franche-Comté. La puissance totale est de 27 MW pour des éoliennes de 4,5 MW de puissance unitaire ou de 35,4 MW pour des éoliennes de 5,9 MW de puissance unitaire. Le parc est composé de 6 éoliennes disposées en deux lignes sur un axe Est/Ouest. Le poste de livraison (PDL) sera situé à proximité de l'éolienne E05 en bordure de parcelle. Les éoliennes auront un balisage lumineux et des panneaux d'informations seront disposés à l'entrée des aires de maintenance.

La durée d'un chantier de construction est d'environ 6 mois, sachant que certains travaux et le montage ne peuvent se faire que dans certaines fenêtres climatiques (pluviométrie, vitesses de vent relativement basses...). Toutefois, le planning ci-dessous donne une indication sur le phasage et la durée des travaux, dans des conditions techniques et climatiques favorables :

Tableau 1 : Planning de chantier

Nature des travaux	Amont	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6
Réalisation du raccordement électrique externe							
Terrassement des pistes d'accès et plateformes							
Terrassement des fouilles							
Réalisation des fondations (ferraillage, coulage)							
Séchage, et remblaiement des fondations							
Raccordement inter-éoliennes							
Assemblage des éoliennes							
Installation du poste de livraison							
Tests et mise en service							

Figure 1 : Phasage des travaux

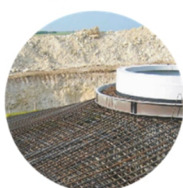
1. Réalisation des chemins d'accès



2. Terrassement (plateformes, fondations)



3. Ferraillage puis coulage des fondations et remblaiement



4. Câblage inter-éolien, et acheminement des éléments d'éoliennes



5. Elévation des éoliennes



6. Essais et mise en service du parc



Le plan détaillé du projet est présenté ci-après :

Carte 1 : Plan de la Ferme éolienne de Charny (21)



1.2. L'éolienne

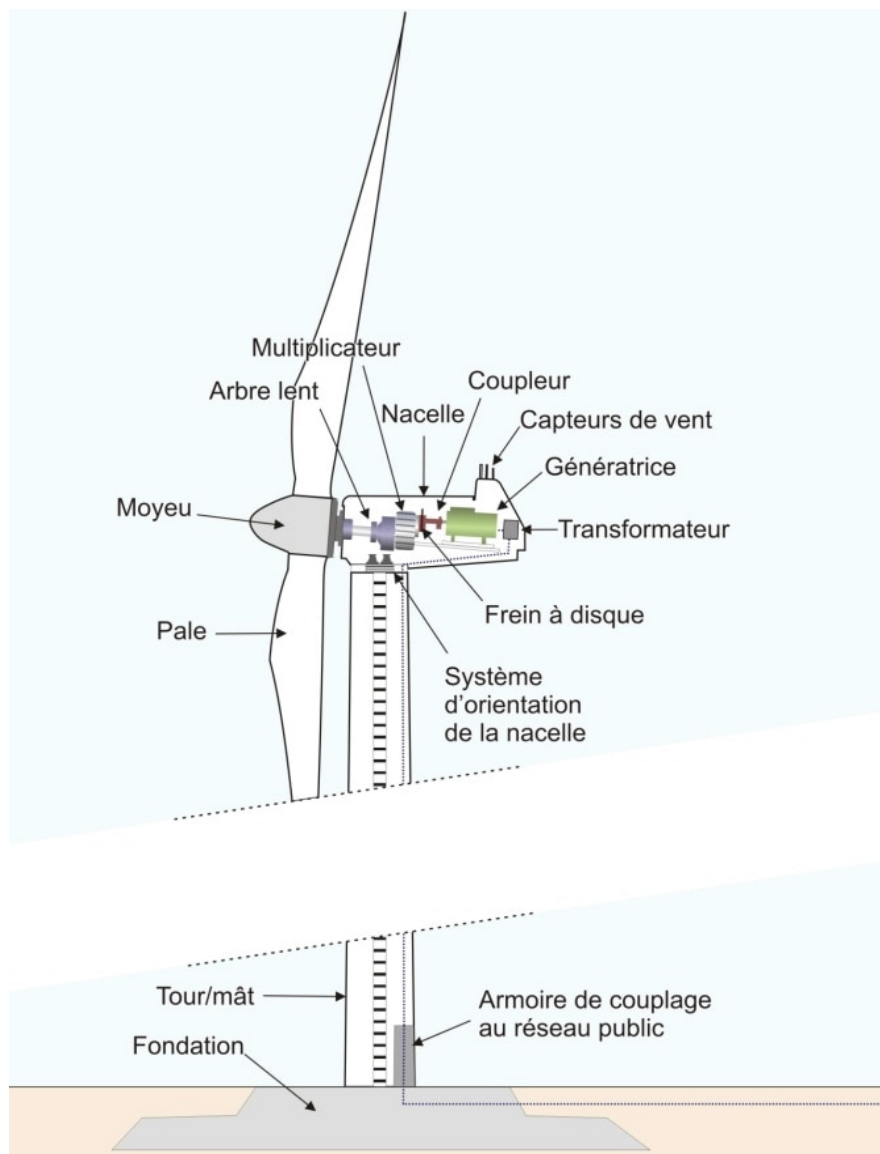
Les éoliennes prévues pour le projet de Charny sont des Vestas V163 ou des Nordex N163 d'une puissance unitaire de 4,5 MW ou 5,9 MW, de 163m de diamètre de rotor et de 126 m ou 120 m de mât à hauteur de moyeu, pour une hauteur totale de 207,5 m ou 201,5 m en bout de pales.

Les principaux éléments constitutifs de l'aérogénérateur sont énumérés dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Principaux éléments constitutifs d'une éolienne V163 – 4,5 MW et N163 – 5,9 MW

Principaux Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques	
		V163	N163
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Diamètre compris entre 20 et 26 mètres (Les dimensions précises seront définies une fois l'étude géotechnique réalisée pour chaque éolienne)	
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	126 m de hauteur (au niveau du moyeu) 6,3 m de diamètre de base	120 m de hauteur (au niveau du moyeu) 4,3 m de diamètre de base
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	Env. 4,4 m de hauteur 5,3 m de largeur 17,6 m de longueur.	Env. 4,03 m de hauteur 4,33 m de largeur 12,77 m de longueur.
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	80,1 m de longueur de pale 163 m de diamètre de rotor	79,7 m de longueur de pale 163 m de diamètre de rotor
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Élève les tensions de 690 V à 20 000 V	
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Dimension 12 x 5m	

Figure 2 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur



Le vent fait tourner les pales entraînant ainsi la rotation de la génératrice via l'arbre de transmission et le multiplicateur. La génératrice produit de l'électricité qui est transformée puis injectée dans le réseau de distribution.

Le domaine de fonctionnement des éoliennes Vestas V163 et Nordex N163 est le suivant :

- ⌋ Vitesse minimale de vent : 3 m/s ;
- ⌋ Vitesse maximale de vent : 24 m/s (V163) et 26 m/s (N163) ;
- ⌋ Vitesse du rotor : de 4,3 à 11 tours/minute (V163) ou 6 à 11,8 tours/minute (N163) ;
- ⌋ Température ambiante minimale et maximale : - 20°C à + 45°C (V163) et - 20°C à + 40°C (N163)

■ Sécurité de l'installation

L'ensemble de la réglementation en vigueur ainsi que les normes relatives à la sécurité de l'installation sont respectés. L'éolienne est conforme aux prescriptions en matière de sécurité, de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation, au titre de la rubrique 2980 des installations classées.

Les éoliennes Vestas V163 et Nordex N163 sont dotées de nombreux systèmes de sécurité et de surveillance :

Modes d'arrêt de l'éolienne :

- ⤴ Mise en pause : machine découplée du réseau électrique haute tension
- ⤴ Arrêt de type Stop : mise en pause avec désactivation des sous-systèmes
- ⤴ Arrêt d'urgence : les pales sont ramenées en position dite « en drapeau »

Les dispositifs de freinage :

- ⤴ Frein aérodynamique : orientation des pales où elles offrent peu de prises au vent et plus de résistance à la rotation.
- ⤴ Frein hydraulique : frein à disque à commande hydraulique qui permet de maintenir à l'arrêt le rotor.

La protection de survitesse :

- ⤴ Les vitesses de rotation du générateur et de l'arbre lent sont mesurées et analysées en permanence par le système de contrôle. En cas de discordances des mesures, l'éolienne est mise à l'arrêt.
- ⤴ En cas de défaillance du système de contrôle, un système indépendant appelé « VOG » (Vestas Overspeed Guard) permet également d'arrêter le rotor, par mise en drapeau des pales. Il s'agit d'un système à sécurité positive auto-surveillé.

Protection contre la foudre :

L'éolienne est équipée d'un système de protection contre la foudre, conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61 400.

Mise à la terre

Le système de mise à la terre des éoliennes Vestas et Nordex est assuré par un ensemble de prises de terre individuelles, intégrées dans les fondations puis connectées sur une barre de terre située en pied de mât. Sont raccordées sur cette barre, la terre des équipements électriques et le dispositif de protection contre la foudre.

Surveillance des dysfonctionnements électriques

Afin de limiter les risques liés à des courts-circuits, outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques sont équipées d'un détecteur d'arc. Ce système a pour objectif de détecter toute formation d'un arc électrique (caractéristique d'un début amorçage) qui pourrait conduire à des phénomènes de fusion de conducteurs et de début d'incendie.

Le fonctionnement de ce détecteur commande le déclenchement de la cellule HT située en pied de mât, conduisant ainsi à la mise hors tension de la machine. 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'acquittement manuel du défaut.

Protection contre la glace

Un dispositif de détection de glace est installé sur les éoliennes. En cas de détection, le système met l'éolienne à l'arrêt limitant ainsi le risque de projection de glace. Le redémarrage ne sera effectué qu'après un contrôle sur site.

Surveillance des vibrations et turbulences

Un dispositif d'amortissement des oscillations de la nacelle dues au vent est installé sous la nacelle.

Des détecteurs de vibrations sont implantés sous le multiplicateur pour détecter toute anomalie. Ce système est également sensible au balourd du rotor qui pourrait être provoqué par de la glace sur les pales.

Il existe aussi un système standard « Condition Monitoring System » qui consiste en un ensemble d'accéléromètres disposé sur les éléments tournants et sur la base de la nacelle. Ce système permet de prévenir des dommages sur tous les éléments de la chaîne cinématique et d'anticiper les opérations de maintenance.

Surveillance des échauffements et températures

Un ensemble de capteurs est disposé pour mesurer les températures ambiantes. Ils assurent le fonctionnement de la machine dans les plages de températures prévues et permettent de piloter les systèmes de refroidissement ou de chauffe de certains systèmes. Ils servent aussi à détecter toute anomalie de températures.

Surveillance de pression et de niveau

Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. En cas de perte de groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique est équipé d'un accumulateur hydropneumatique qui permet d'assurer la manœuvre des pales et donc la mise en drapeau.

Détection incendie et protection incendie

La nacelle est équipée d'un détecteur de fumée, disposé à proximité des armoires électriques. Un deuxième détecteur est implanté en pied de tour, également au-dessus des armoires électriques. Le détecteur de fumée de la nacelle est, d'un point de vue de la détection incendie, redondant avec la détection de température haute.

Vis-à-vis de la protection incendie, deux extincteurs sont présents dans la nacelle et un extincteur est disponible en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).

■ Les emprises au sol

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

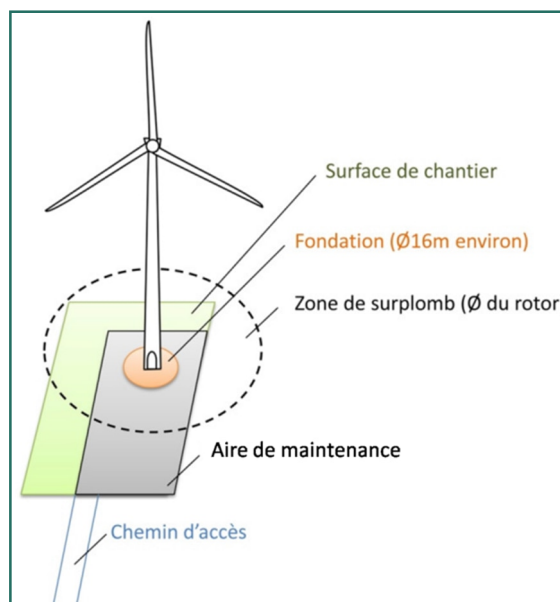
La surface de chantier est une surface temporaire, durant la phase de construction destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes.

La fondation de l'éolienne est recouverte de terre végétale. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol.

La zone de surplomb ou de survol correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât.

La plateforme ou aire de maintenance correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation.

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



■ Poste de livraison

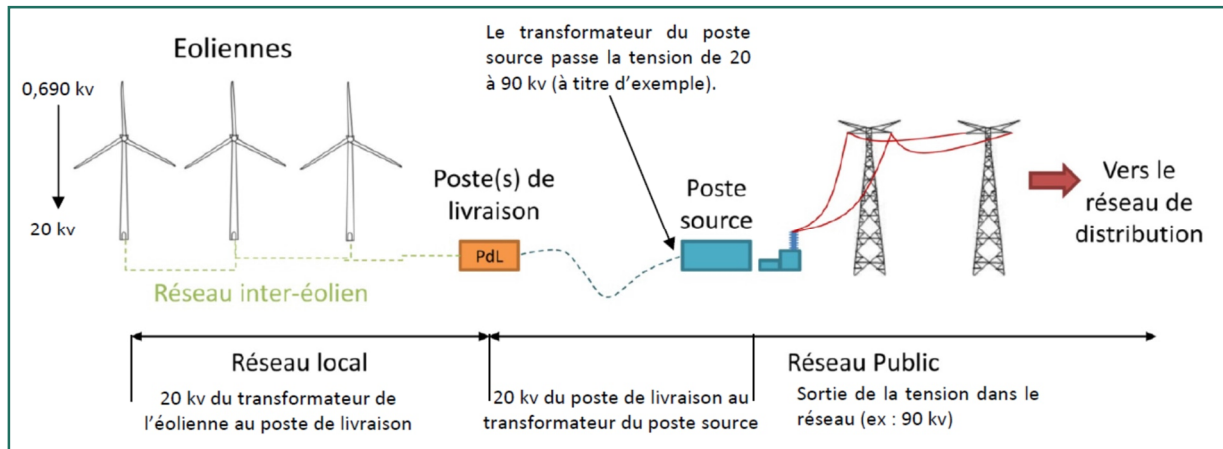
Un poste de livraison est un nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public.

Le poste de livraison sera composé de compteurs électriques, de cellules de protection, de sectionneurs et de filtres électriques. La tension réduite de ces équipements (20 000 volts) n'entraîne pas de risque magnétique important. Leur impact est donc globalement limité à leur emprise au sol de 60 m² (12 m x 5 m).

Le poste de livraison est placé en bordure de parcelle ZI 18 à proximité de l'éolienne E05 le long du chemin.

■ Le raccordement

Figure 4 : Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien



■ Réseau inter-éolien

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

Le réseau électrique interne est présenté sur la carte ci-après :

Carte 2 : Réseau interne du parc éolien

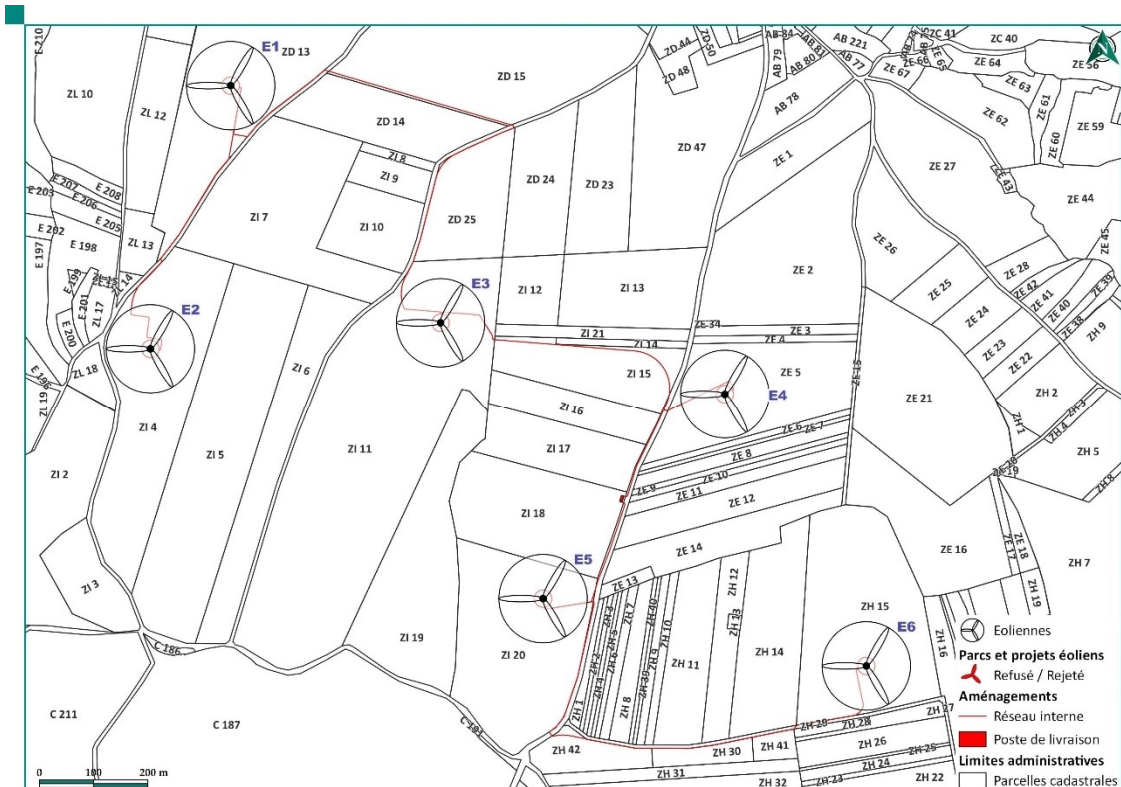
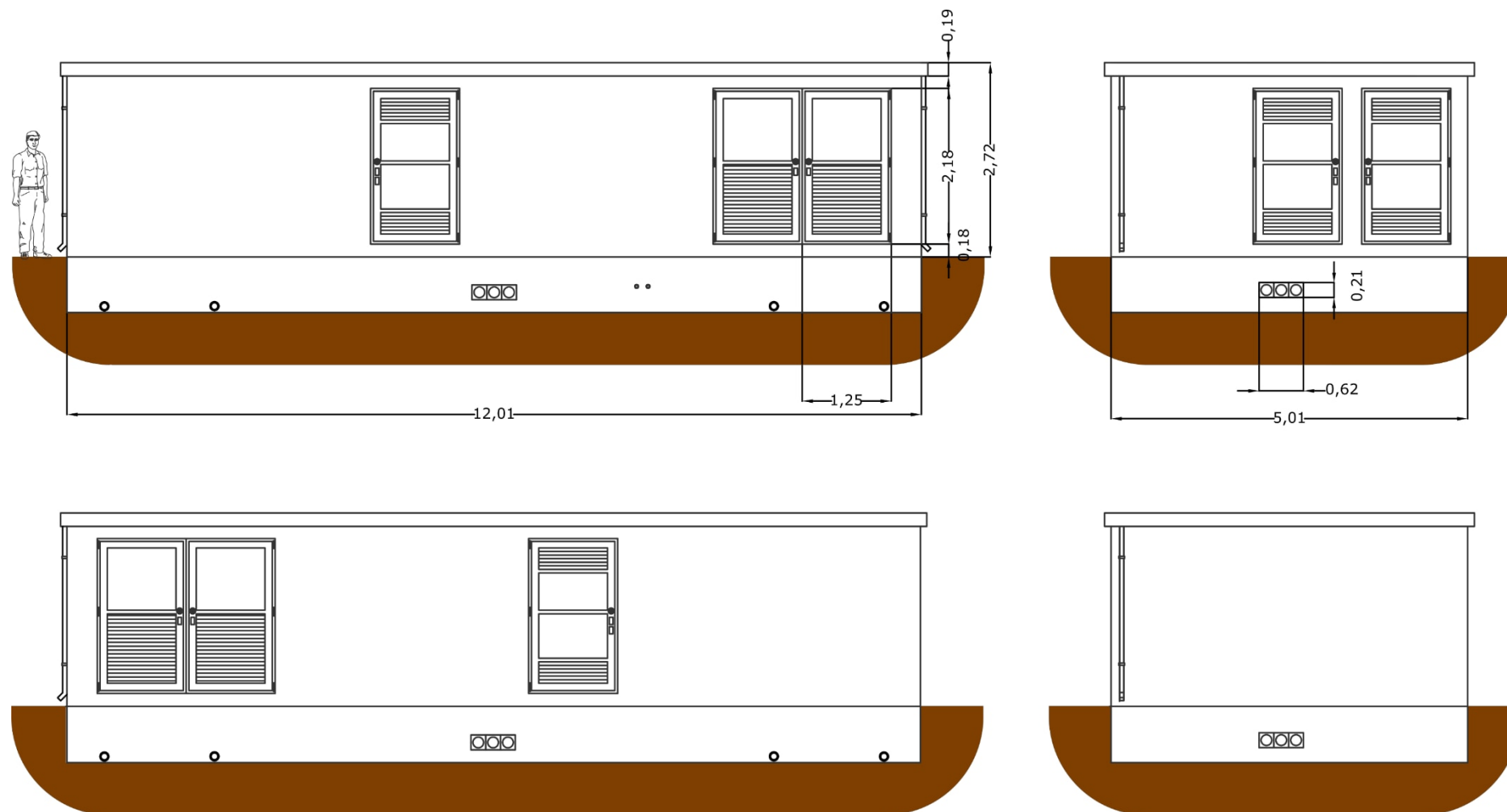


Figure 5 : Plan du poste de livraison



1.3. L'environnement

■ Les contraintes d'urbanisme et servitudes :

La commune de Charny ne possède pas de document d'urbanisme. Dans ce cas-ci, c'est le Règlement National d'Urbanisme (RNU) qui régit les constructions sur l'ensemble des communes.

Ainsi, l'implantation d'éoliennes est autorisée sur le secteur d'implantation de la commune de Charny.

■ Environnement urbain et industriel

L'habitation la plus proche du projet se situe à 690m de l'éolienne E04 ; elle est localisée au centre de la commune de Charny.

■ Environnement naturel

Les données climatologiques sont tirées des stations météorologiques de Arnay-Le-Duc, situées à 22 km au sud de la zone d'étude. Les températures sont plutôt tempérées avec des températures minimales moyennes de $-0,6^{\circ}\text{C}$. Les températures maximales moyennes sont de $18,9^{\circ}\text{C}$.

La vitesse moyenne du vent à 100m d'altitude est estimée à $7,3\text{ m/s}$.

D'après Météorage, sur la commune de Charny, la densité d'arcs est de 0,98 arcs par an et par km^2 tandis que la moyenne française est de $1,54\text{ arcs/km}^2/\text{an}$, pour la période 2007-2016.

La zone de projet est classée en « zone 1 » sismicité très faible. Ce risque est donc peu élevé mais non nul. A ce jour, selon les données du bureau des recherches géologiques et minières (BRGM), plusieurs secousses ont été ressenties dans le département de la Côte d'Or, mais aucune n'a été ressentie dans la commune de Charny.

Un aléa de retrait-gonflement moyen des argiles domine le sud de la zone du projet. Au vu de la profondeur des fondations des éoliennes, les sols et sous-sols ne présentent pas de contraintes quant à l'installation d'éoliennes.

Cependant par principe de précaution et au regard de la masse des aérogénérateurs, une étude géotechnique au droit de l'implantation des éoliennes sera réalisée en préambule aux travaux de construction.

■ Voies de communication

Des voies communales et chemins ruraux traversent la zone d'étude du projet, cependant aucune route départementale n'est présente. Les principales voies d'accès sont les suivantes :

Tableau 3 : Principales voies d'accès au projet

Dénomination	Distance aux éoliennes requise par le Conseil Départemental (CD21)	Distance à l'éolienne la plus proche	Longueur dans le périmètre d'étude	Traffic moyen journalier
Rue de l'Eglise	Aucune distance requise	90 m / E04	1400 m	NA (aucun comptage)
Chemins ruraux	Aucune distance requise	85 m / E02	1 540 m	NA (aucun comptage)

2. Détermination des enjeux

Une des premières étapes de l'étude de dangers consiste à étudier l'environnement des installations projetées dans le but d'identifier et de localiser les intérêts à protéger au sein du périmètre d'étude. Ces intérêts sont appelés « enjeux ».

■ Les enjeux humains et matériels

L'étude de dangers porte sur une zone appelée « périmètre d'étude » qui représente la plus grande distance d'effet des scénarios d'accident développés dans la suite de l'étude. 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. L'étude de dangers se base sur une zone d'étude par éolienne.

Dans cette zone se trouvent des éléments matériels et humains appelés « enjeux » qui sont exposés à un risque d'accident dû à la présence des éoliennes. Ces enjeux potentiels sont principalement les suivants :

Les habitations et leurs habitants :

La commune de Charny compte 35 habitants au dernier recensement datant de 2021 (Source : Insee).

Aucune habitation ni zone à urbaniser à vocation d'habitat de ces communes ne se situe dans la zone d'étude.

L'habitation la plus proche du projet se situe à 690m de l'éolienne E04 ; elle est localisée au niveau du village de Charny.

Etablissement recevant du public (EPR)

Aucun établissement accueillant du public n'est présent dans la zone de danger.

Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et Installations Nucléaires de Base (INB) :

Dans le périmètre de 500 mètres est recensée une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE).

Il s'agit du parc éolien des Genèvres, développé par la société SNC MET Mont-Ernault et autorisé depuis 2018 mais non construit. Il est situé sur les communes de Fontangy, Missery et Noidan, à 499 mètres de l'éolienne E01.

Réseaux publics et privés :

Il existe plusieurs réseaux à l'intérieur de la commune de Charny, cependant aucun d'entre eux ne sont présentent sur la zone d'étude. L'éolienne E03, la plus proche est située à 673 mètres d'une ligne souterraine BT.

Autres activités et ouvrages publics :

Les activités au sein du périmètre d'étude sont principalement agricoles.

Les terrains et les personnes exposées :

La zone étant située au sein de champs et de prairies et composée de voies de communication non structurantes, l'intégralité du périmètre d'étude, est considérée comme terrains aménagés mais peu fréquentés ce qui permet un calcul conservateur.

Le tableau ci-après définit le nombre de personnes exposées dans le périmètre d'étude de 500 mètres autour de chaque éolienne :

Tableau 4 : Nombre de personnes exposées dans le périmètre d'étude de 500 m autour de chaque éolienne

Type de terrains	Barème	Surface	Nombre de personnes exposées
Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne / 10 hectares	300,3 ha	30

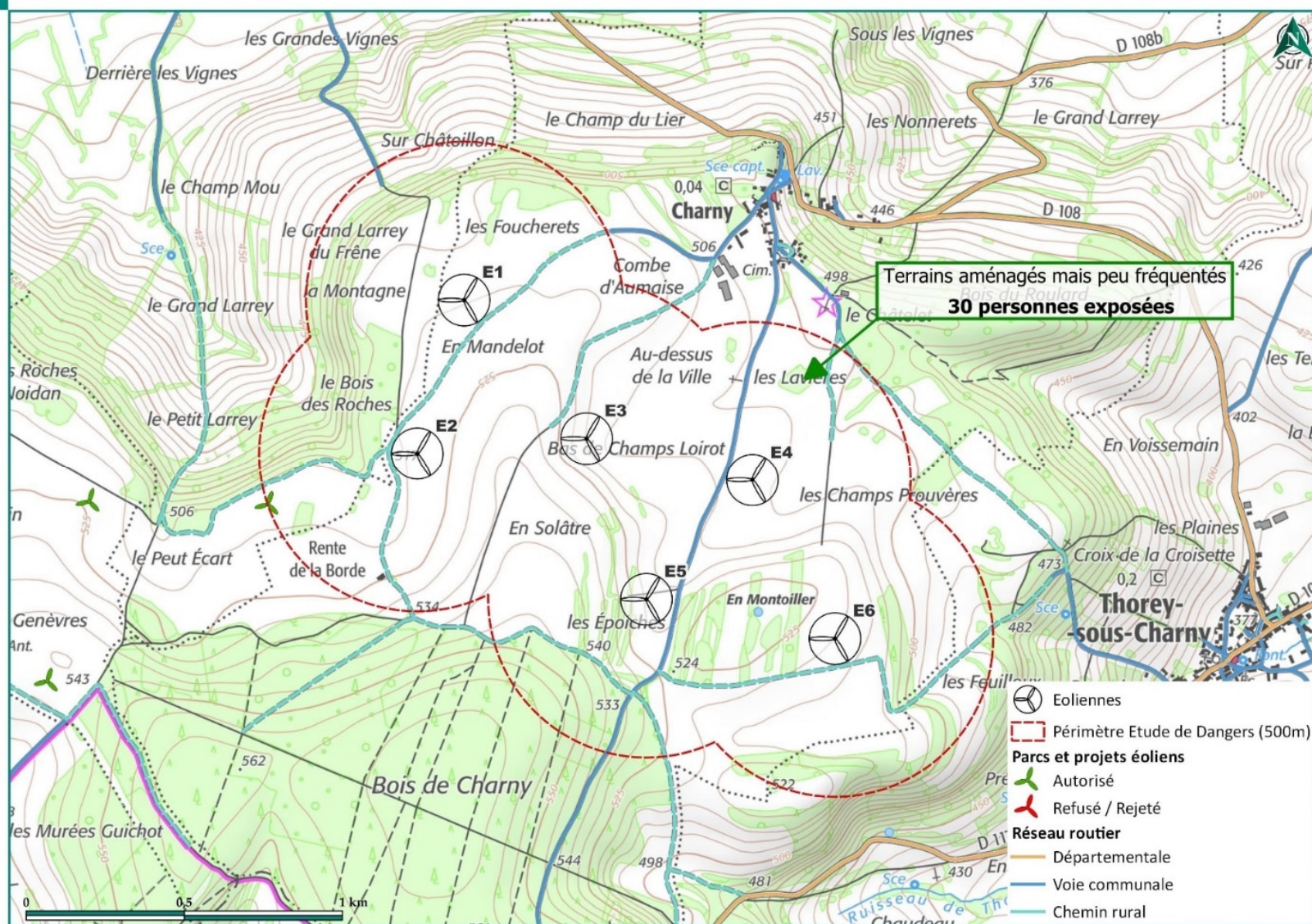
Les voies de communication :

Les voies de communication ne sont prises en considération dans le comptage des personnes exposées que si elles sont empruntées par un nombre suffisant de personnes.

En effet, les voies de circulation non structurantes (< 2000 véhicules / jour) sont déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés. Les chemins ruraux et voies communales sont donc comptés dans la catégorie « terrains aménagés mais peu fréquentés ».

La carte suivante indique les enjeux potentiels et le nombre de personnes exposées pour l'ensemble du périmètre d'étude :

Carte 3 : Localisation des enjeux dans l'ensemble du périmètre d'étude



3. Détermination des agresseurs potentiels

■ Les agresseurs potentiels environnementaux

L'environnement est un facteur de risque à prendre en compte lors de la réalisation de l'étude de Dangers. Les événements naturels extrêmes (tempêtes, foudre, glissement de terrain, inondations...) peuvent causer des accidents sur les installations, ces événements sont appelés « agresseurs potentiels ». Nous avons donc étudié les paramètres climatiques, géologiques et hydrologiques de l'environnement du projet pour déterminer ces agresseurs potentiels. Les agresseurs potentiels au sein du périmètre d'étude sont :

Le vent fort

Les phénomènes de vents extrêmes qui peuvent empêcher le bon fonctionnement des installations sont assez rares. Seuls les épisodes supérieurs à 22,5 m/s sont en effet susceptibles de provoquer l'arrêt momentané des éoliennes (mise en drapeau). Il existe des dispositifs de sécurité qui permettent d'arrêter le mouvement des éoliennes pour les protéger des vents violents.

La foudre

Les éoliennes sont des projets de grande dimension, pour lesquels le risque orageux, et notamment la foudre, doit être pris en compte. L'activité orageuse d'une région est définie par le niveau kéraunique (Nk), c'est-à-dire le nombre de jours où l'on entend gronder le tonnerre.

D'après Météorage, sur la commune de Charny, le nombre la densité d'arcs est de 0,98 arcs par an et par km² tandis que la moyenne française est de 1,54 arcs/km²/an, pour la période 2007-2016.

La glace

La région Bourgogne-Franche-Comté bénéficie d'un climat plutôt doux. Un dispositif de déduction de glace est installé sur les éoliennes. En cas de présence de glace, le système met l'éolienne à l'arrêt limitant ainsi le risque de projection de glace.

La sismicité

La zone de projet se situe en zone 1, correspondant à un aléa sismique très faible. Une attestation d'un contrôleur technique permettra d'évaluer le risque sur la zone de projet.

Autres agresseurs potentiels

D'autres agresseurs potentiels ont été étudiés :

- ✎ Aléa retrait/gonflement des argiles : Un aléa de retrait-gonflement nul à moyen des argiles est présent dans la zone du projet. (Source : BRGM) ; une étude géotechnique au droit de l'implantation des éoliennes sera réalisée en préambule aux travaux de construction

■ Les agresseurs potentiels industriels et humains

Il n'existe aucune activité industrielle dans le périmètre d'étude. Les principaux risques concernent les voies de circulation (routes communales et chemins ruraux) avec la possibilité d'accidents entraînant la sortie de route de véhicules. Un autre événement accidentel possible est la projection d'éléments provenant d'un aérogénérateur voisin au sein du parc.

Il est également possible que des engins agricoles travaillant à proximité des installations percutent les éoliennes ou le poste de livraison. Des actes de malveillance susceptibles d'entraîner des accidents peuvent survenir mais il est impossible de les prévoir. Il est également possible qu'une balle « perdue » lors d'une action de chasse entraîne un danger pour les installations.

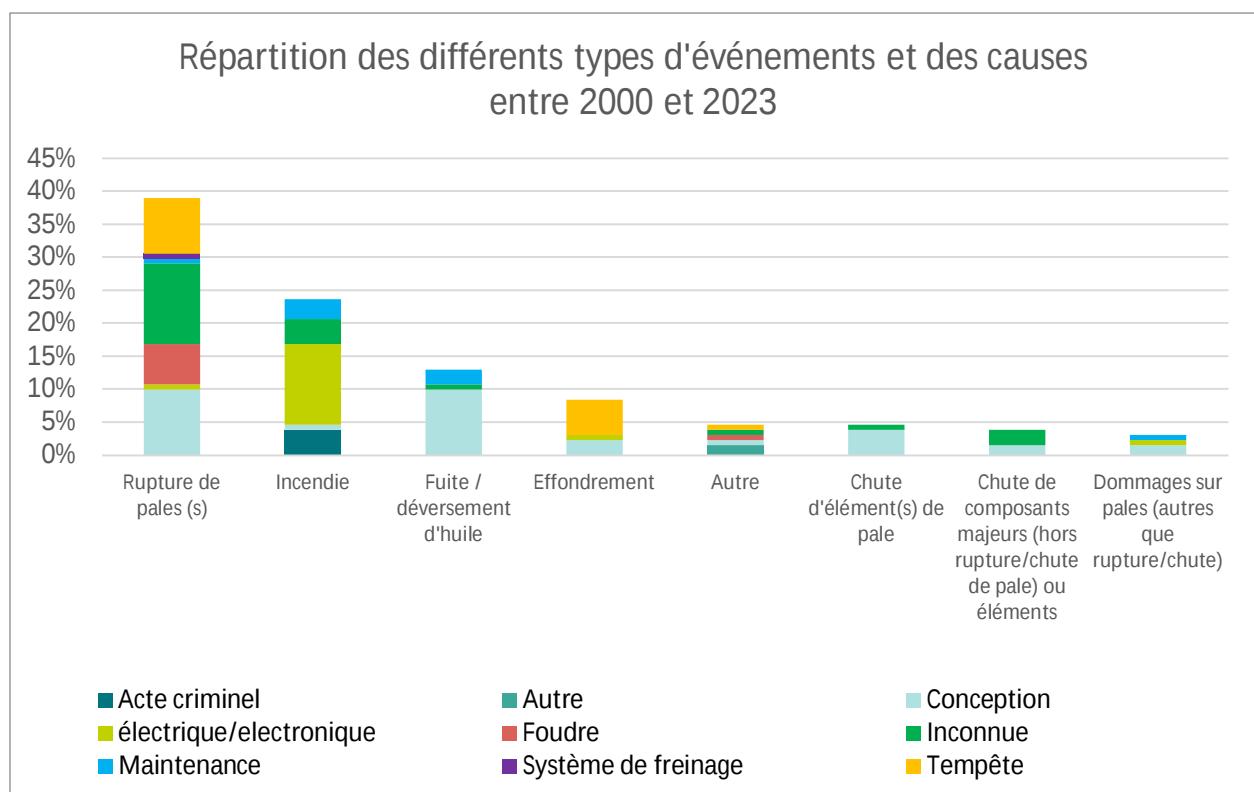
4. Détermination des risques potentiels

Après avoir déterminé les enjeux et les agresseurs potentiels, l'étude de dangers doit identifier les risques potentiels liés aux installations.

■ Le retour d'expérience

L'objectif 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.

Figure 6 : Répartition des événements accidentels en France entre 2000 et 2023



Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les incendies, les effondrements, les chutes de pale et les chutes d'éléments de pales.

■ 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'accidents potentiels pour une installation (ainsi que des mesures de sécurité) basé sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

Les cinq scénarios de phénomènes dangereux étudiés en détail dans la suite de l'étude sont :

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

Il en ressort que l'analyse de réalisation des scénarios de phénomènes dangereux permet d'élaborer un ensemble de mesures visant à annuler ou réduire les risques d'accidents.

Ainsi les principales mesures de maîtrise des risques permettent de :

- ⤴ Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace ;
- ⤴ Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace ;
- ⤴ Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques ;
- ⤴ Prévenir la survitesse ;
- ⤴ Prévenir les courts-circuits ;
- ⤴ Prévenir les effets de la foudre ;
- ⤴ Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage ;
- ⤴ Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort.

■ L'Etude Détaillée des Risques

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

Chaque scénario est caractérisé en fonction des paramètres suivants :

- ⤴ Cinétique,
- ⤴ Intensité,
- ⤴ Gravité,
- ⤴ Probabilité.

La cinétique d'un accident est la vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables. Elle est supposée « rapide » pour tous les scénarios, ce paramètre ne sera donc pas détaillé pour chacun des phénomènes redoutés.

L'intensité est définie selon un seuil d'effet toxique, de surpression, thermique ou lié à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures. Elle dépend du degré d'exposition, lui-même 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. La zone d'effet est définie pour chaque événement accidentel comme la surface exposée à cet événement.

Tableau 5 : Niveaux d'intensité

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

La gravité est déterminée en fonction du nombre de personnes pouvant être atteint par le phénomène dangereux et en fonction de l'intensité du phénomène.

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.

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.

Tableau 6 : Niveaux de probabilité

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

5. Résultats de l'étude de dangers

■ Synthèse des scénarios étudiés et des paramètres associés

Le tableau suivant synthétise les niveaux de cinétique, d'intensité, de probabilité et de gravité sur lesquels s'est appuyée l'étude détaillée des risques propres aux différents types de scénarios d'accident.

Tableau 7 : Tableau de synthèse des risques et des paramètres associés pour l'ensemble des éoliennes

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Rayon $\leq$ hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 207,5 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (rare)	Sérieux
Chute de glace	Rayon $\leq D/2$ = zone de survol = 81,5 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	A (courant)	Modérée
Chute d'éléments de l'éolienne	Rayon $\leq D/2$ = zone de survol = 81,5 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	C (improbable)	Modérée
Projection de pale ou de fragment de pale	Rayon = 500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (rare)	Sérieux
Projection de glace	Rayon = $1,5 \times (H+D)$ autour de l'éolienne = 433,5 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B (probable)	Sérieux

■ Synthèse de l'acceptabilité des risques

En s'appuyant sur les résultats précédents, la dernière étape de l'étude détaillée des risques consiste à déterminer l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés.

La matrice de criticité et la légende associée ci-dessous permettent d'évaluer le niveau de risque pour chacun des événements accidentels redoutés :

Tableau 8 : Légende de la matrice de criticité

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

Tableau 9 : Matrice de criticité des différents scénarios

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Effondrement / Projection de pales ou fragments de pale		Projection de glace	
Modéré			Chute d'éléments		Chute de Glace

Au regard de la matrice complétée pour chacun des événements accidentels redoutés, il ressort que :

- ✎ aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice, ce qui signifie qu'il n'existe aucun « risque important » et « non acceptable » ;
- ✎ certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité adaptées seront mises en place.

Tous les phénomènes accidentels redoutés comportent donc un niveau de risque acceptable.

■ Cartographie de synthèse

Les cartes de synthèse ci-dessous sont proposées pour chaque aérogénérateur. Elles font apparaître les enjeux de l'étude détaillée des risques, l'intensité des différents phénomènes dangereux dans chacune de leur zone d'effet et le nombre de personnes permanentes exposées par zone d'effet.

Les zones d'effet, et enjeux exposés par zone d'effet sont identiques pour toutes les éoliennes.

Carte 4 : Synthèse des risques

