

Projet éolien des Genévriers – Loiret (45)

Résumé non technique de l'étude de dangers

Décembre 2022

Communes de Courtempierre, Gondreville et Treilles-en-Gâtinais



Maître d'ouvrage : VSB Énergies Nouvelles et Intervent

Intervenants Abies :

- Contrôle qualité : Paul NEAU
- Coordination et rédaction : Thomas Marchesi et Guilhem Dupouy
- Biodiversité : Audrey SAUGE et Eliot Ugnon-Coussioz
- Paysage et patrimoine : Florence Sanssené
- Cartographie : Jérémy Fortin

ABIES, SAS au capital de 172 800 euros

RCS : 448 691 147 Toulouse - Code NAF : 7112B

7, avenue du Général Sarrail

31290 Villefranche-de-Lauragais - France

Tél. : 05 61 81 69 00. Fax : 05 61 81 68 96 Mail : info@abiesbe.com

SOMMAIRE

L'étude de dangers justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible

1	CADRE GENERAL	5
1.1	L'installation	5
1.2	La zone d'étude des dangers	6
1.3	Environnement humain	8
2	IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES	11
2.1	Les potentiels dangers de l'installation	12
2.2	Analyse préliminaire des risques	12
2.3	Etude détaillée des risques	13
3	CONCLUSION.....	15

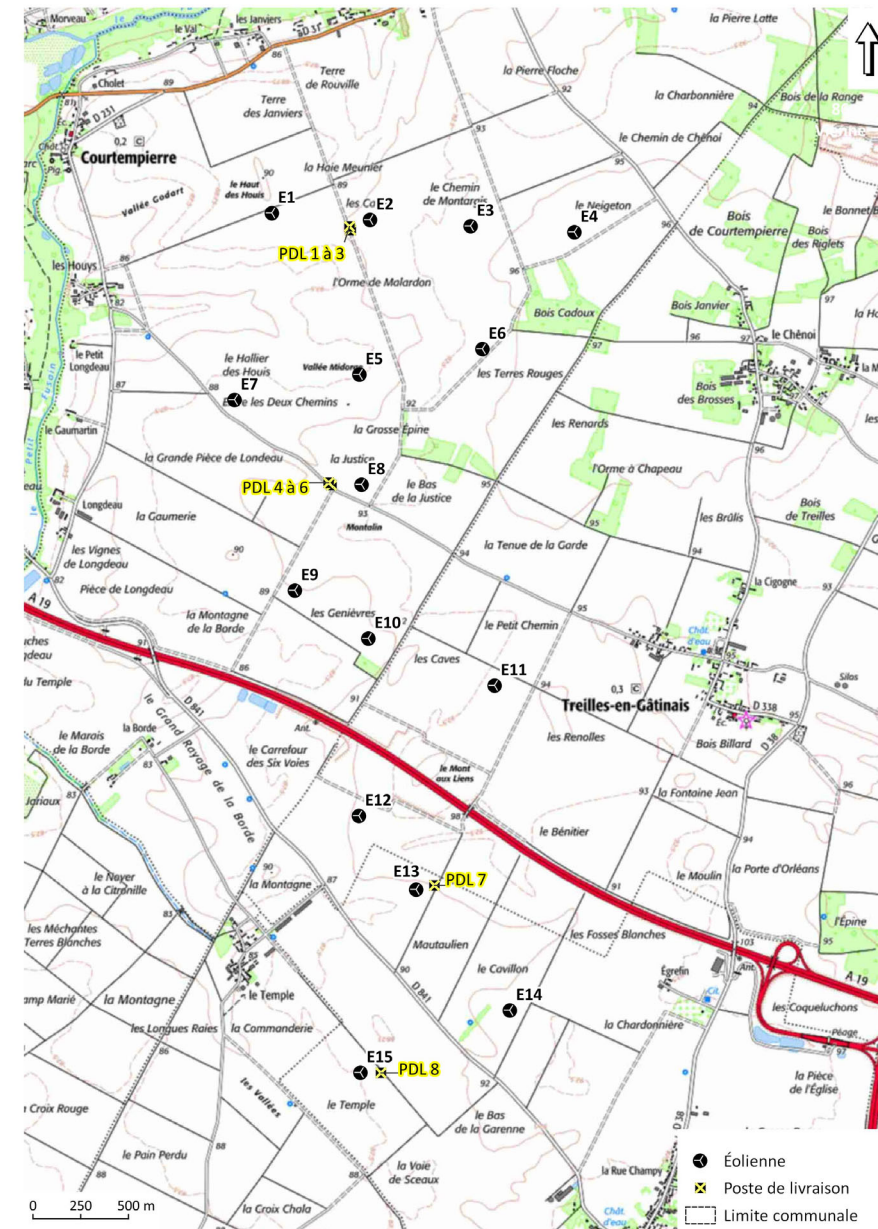
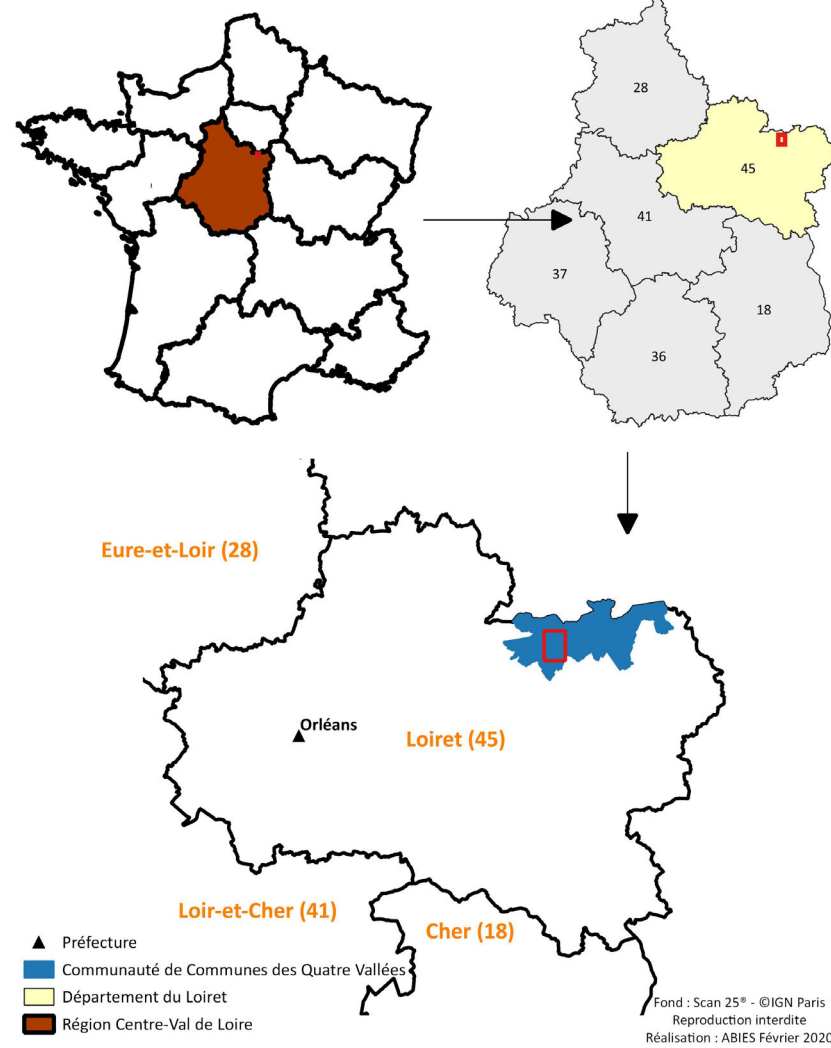
1 CADRE GENERAL

1.1 L'installation

La carte ci-après permet de situer les éoliennes du parc de de parc éolien des Genévriers à différentes échelles : nationale, régionale, départementale et communale.

Projet éolien des Genévriers

Plan de situation



Carte 1 : Plan de situation du projet de parc éolien du projet de parc éolien des Genévriers

Le présent projet éolien consiste en l'implantation de 15 aérogénérateurs sur le territoire des communes de Courtempierre, Gondreville et Treilles-en-Gâtinais, dans le département du Loiret (45) en région Centre-Val de Loire.

Les éoliennes équipant ce parc auront une puissance unitaire maximale de 5,7 MW. Le parc compte 8 postes de livraison.

Les principaux éléments constitutifs du parc éolien des Genévriers sont :

- 15 éoliennes développant une puissance individuelle maximale de 5,7 MW, pour une puissance électrique maximale de 85,5 MW. À la date de dépôt du présent Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale, seul le gabarit général des machines est arrêté. Il a été décidé par le maître d'ouvrage de s'appuyer sur trois modèles actuellement commercialisés et adaptés aux caractéristiques de vent du site :
 - Enercon E160 de 5,5 MW ;
 - Vestas V162 de 5,6 MW ;
 - Nordex N163 de 5,7 MW.

Tableau 1 : Caractéristiques et gabarits des aérogénérateurs envisagés pour le parc éolien des Genévriers

Nom de la machine	E160	V162	N163
Constructeur	Enercon	Vestas	Nordex
Puissance nominale	5,5 MW	5,6 MW	5,7 MW
Diamètre du rotor	160 m	162 m	163 m
Hauteur en bout de pale	200 m	200 m	199,5 m
Hauteur de moyeu	120 m	119 m	118 m
Hauteur libre sous rotor	40 m	38 m	36,5 m
Longueur de pale	78,3 m	79,35 m	79,7 m
Largeur maximale de la pale	4,13 m	4,3 m	4,15 m
Diamètre de la base du mât (plus grand diamètre du mât)	8,2 m	5,3	4,3 m

- 8 postes de livraison :
- les pistes d'accès, plateformes de levage/maintenance ;
- les liaisons électriques et de télécommunication inter-éoliennes enterrées.

Le tableau suivant expose les coordonnées géographiques de chaque éolienne et poste de livraison ainsi que leur commune d'implantation.

Tableau 2 : Coordonnées des équipements du projet éolien des Genévriers (Source : VSB)

Coordonnées géographiques des éoliennes et des postes de livraison (Lambert 93)				
Équipements	X	Y	Z (altitude du terrain en mètres)	Commune d'implantation
Éolienne 1 (E1)	672 330	6 777 762	89,00	Courtempierre
Éolienne 2 (E2)	672 844	6 777 727	92,00	
Éolienne 3 (E3)	673 370	6 777 694	93,00	
Éolienne 4 (E4)	673 913	6 777 663	96,00	
Éolienne 5 (E5)	672 788	6 776 918	92,00	
Éolienne 6 (E6)	673 432	6 777 051	93,00	
Éolienne 7 (E7)	672 135	6 776 785	88,00	
Éolienne 8 (E8)	672 799	6 776 342	89,00	
Éolienne 9 (E9)	672 450	6 775 788	89,00	
Éolienne 10 (E10)	672 835	6 775 537	93,00	
Éolienne 11 (E11)	673 496	6 775 291	93,00	Treilles-en-Gâtinais
Éolienne 12 (E12)	672 785	6 774 608	98,00	Gondreville
Éolienne 13 (E13)	673 085	6 774 223	90,00	
Éolienne 14 (E14)	673 575	6 773 591	92,00	
Éolienne 15 (E15)	672 793	6 773 266	88,00	Courtempierre
Poste de livraison 1 (PDL 1)	672 735	6 777 702	90,00	
Poste de livraison 2 (PDL 2)	672 738	6 777 693	90,00	
Poste de livraison 3 (PDL 3)	672 742	6 777 684	90,00	
Poste de livraison 4 (PDL 4)	672 622	6 776 353	90,00	
Poste de livraison 5 (PDL 5)	672 629	6 776 353	90,00	
Poste de livraison 6 (PDL 6)	672 637	6 776 340	90,00	
Poste de livraison 7 (PDL 7)	673 182	6 774 249	90,00	
Poste de livraison 8 (PDL 8)	672 898	6 773 268	88,00	

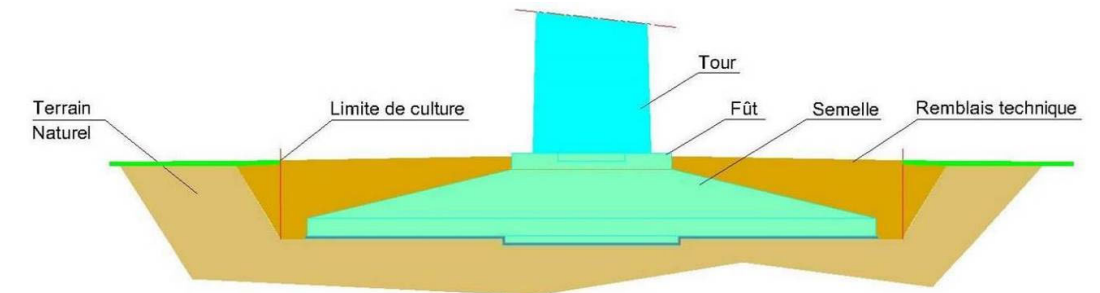


Figure 1: schéma type d'une fondation

La production estimée des 15 éoliennes atteindra environ 218,9 millions de kWh par an, soit l'équivalent de la consommation électrique domestique, chauffage inclus, de près de 106 300 habitants (sur la base d'éoliennes Nordex N163 de 5,7 MW¹).

1.2 La zone d'étude des 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 aérogénérateur.

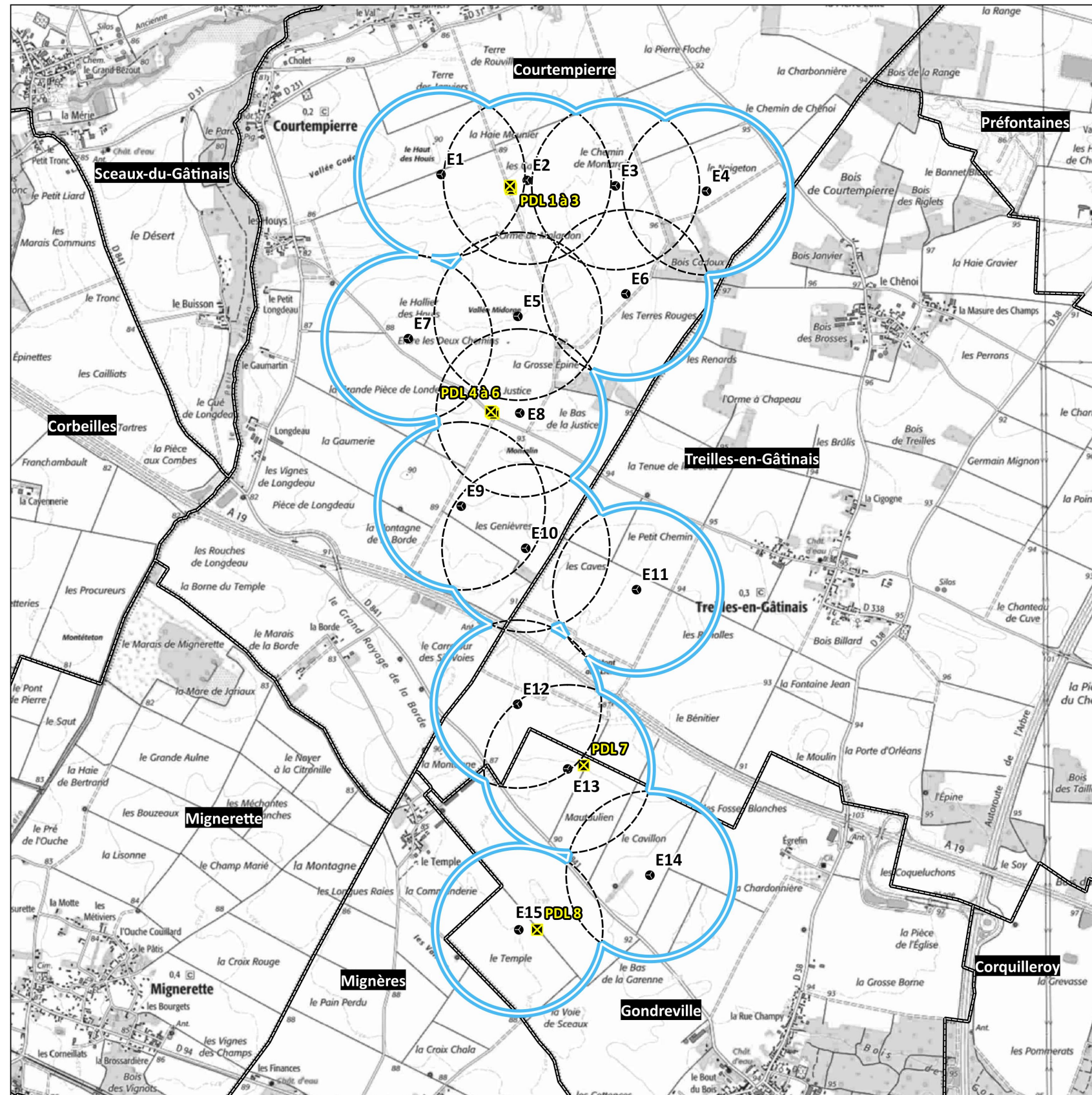
L'INERIS propose que chaque aire d'étude corresponde à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'éolienne. Cette distance correspond au rayon d'effet retenu pour le phénomène de projection d'éléments du rotor, scénario accidentel dont la portée est la plus étendue.

Conformément à ces préconisations, il a été appliqué un rayon de 500 mètres autour de chaque mât des 15 éoliennes en projet. Les aires d'étude de dangers de ces éoliennes se superposent partiellement. L'ensemble formé constitue la zone d'étude des dangers qui s'inscrit sur les territoires communaux de Courtempierre, Préfontaines, Treilles-en-Gâtinais, Gondreville et Mignères.

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

La couleur des éoliennes sera conforme aux préconisations de l'Aviation Civile et de l'Armée de l'Air. Conformément à l'article 11 de l'arrêté du 26 août 2011 et à l'arrêté du 23 avril 2018, chaque machine sera munie de feux à éclats (blanc pour la journée et rouge pour la nuit) installés sur le dessus des nacelles. Des études géotechniques assureront le dimensionnement adéquat des fondations des éoliennes. Les fondations attendues pour ce type d'aérogénérateurs sont similaires au schéma suivant :

¹ Estimations à partir de la consommation moyenne d'un site résidentiel en 2018 à 4 543kWh (Source : RTE et CRE) pour un ratio de 2,2 personnes par foyer (source INSEE 2016)

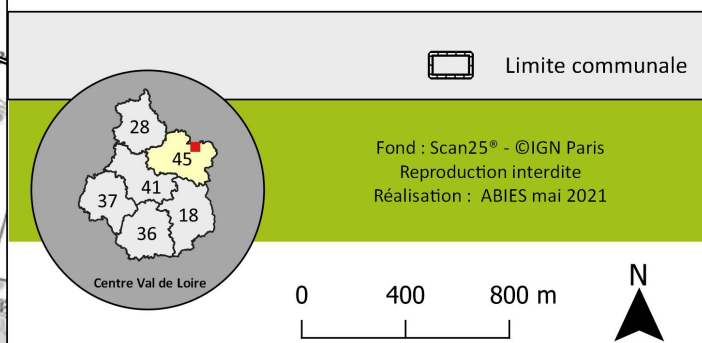


Projet éolien des Genévriers

45 Loiret

Zone d'étude des dangers

- Eolienne
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers
- Aire d'étude des dangers (périmètre de 500 m autour des éoliennes)



Carte 2 : zone d'étude des dangers des éoliennes du parc éolien des Genévriers

1.3 Environnement humain

Ce chapitre a pour vocation d'identifier :

- les composantes environnementales susceptibles de causer une défaillance/accident des aérogénérateurs (agresseurs potentiels);
- les principaux enjeux humains à protéger dans la zone d'étude des dangers en cas d'accident sur les éoliennes.

Le site s'insère dans un contexte agricole où les cultures occupent la majorité du territoire à l'exception de quelques petits boisements épars. Il est traversé par un réseau viarie essentiellement constitué de pistes et de chemins, mais aussi par l'autoroute A19 (entre les éoliennes 11 et 12), une route départementale au sud et une voie communale.

1.3.1 L'environnement humain, technologique et matériel

1.3.1.1 Zones urbanisées

Le projet de parc éolien des Genévriers se situe dans un environnement peu marqué par l'habitat qui est principalement concentré sur les villages de Treilles-en-Gâtinais, de Gondreville, sur quelques hameaux dispersés et les axes routiers principaux comme la D120.

La zone d'étude des dangers intercepte les territoires des communes de Courtempierre, Treilles-en-Gâtinais, Gondreville et Mignères. L'occupation du sol de ces communes est régie par le Règlement National d'Urbanisme sur les communes de Courtempierre, Mignères et Treilles-en-Gâtinais. L'occupation du sol sur la commune de Gondreville est régie par une Carte Communale.

Les éoliennes du projet de parc éolien des Genévriers se situent *a minima* à 716 mètres de toute habitation ou zone d'habitation définie par un document d'urbanisme.

1.3.1.2 Voies de communication

Autoroutes, routes nationales et départementales

Une seule voie structurante (trafic supérieur à 2000 véhicules par jour) traverse la zone d'étude de dangers : il s'agit de l'A19 évoluant entre E11 et E12.

Une seule départementale (non structurante) est recensée sur la zone d'étude des dangers, à savoir la D841.

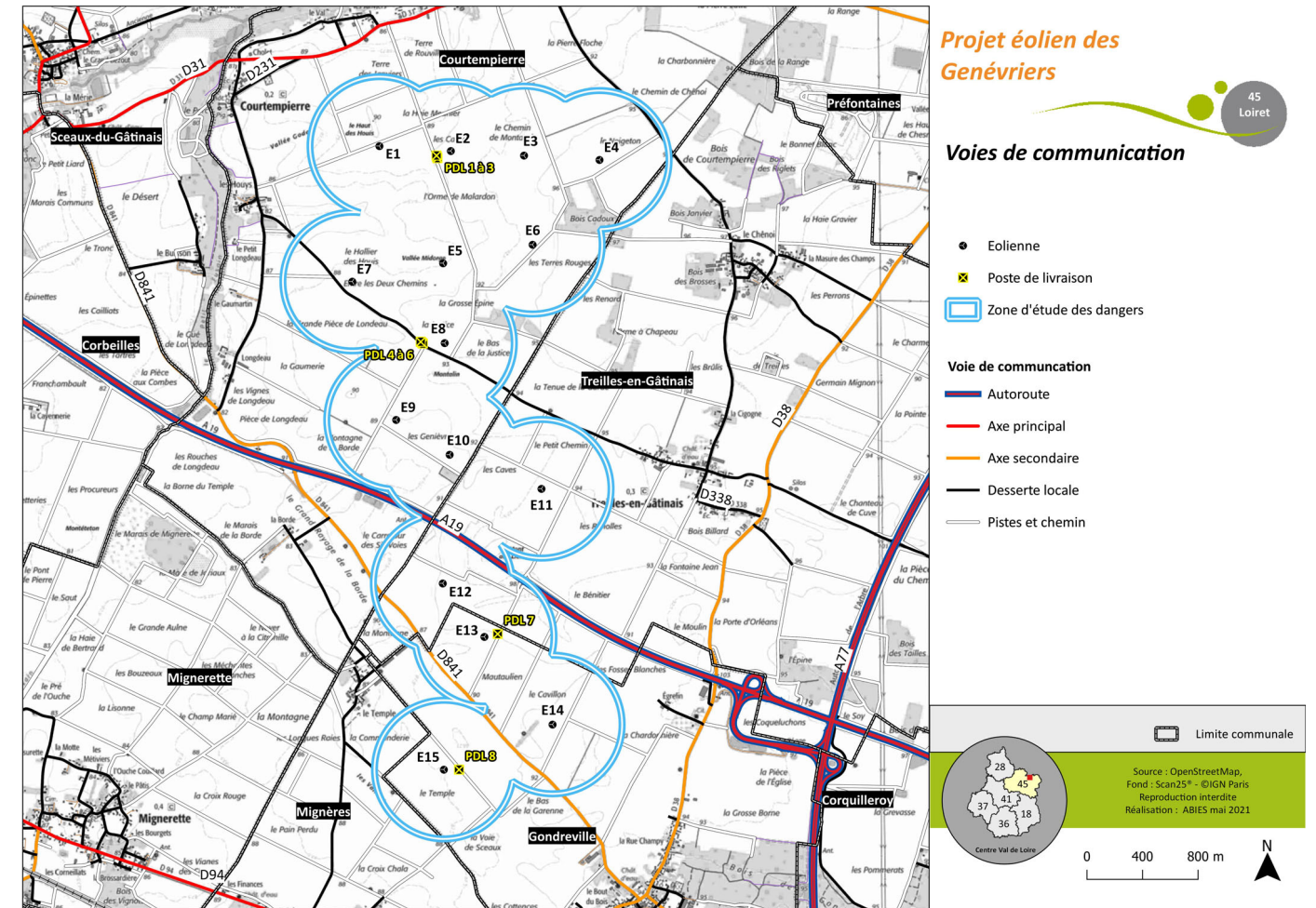
Autres routes

La zone d'étude des dangers est concernée par un maillage de pistes et de chemins destinés essentiellement à la desserte des parcelles agricoles (Cf. carte suivante).

Certaines voies se localisent à moins de 200 m des mâts des éoliennes.

Autres infrastructures de transport

Aucune voie ferrée ou canal navigable n'est présent à l'intérieur de la zone d'étude des dangers.



Carte 3 : Voies de communication identifiées au droit de la zone d'étude des dangers

1.3.1.3 Activités

La zone d'étude des dangers s'insère dans un milieu agricole dont les cultures dominantes sont représentées par l'orge. Quels petits boisements parsèment également le site. Elle est traversée et desservie par plusieurs axes de déplacements : routes locale, chemins et sentiers, départementale, autoroute. **Aucun de ces axes n'est identifié comme sentier de randonnée.**

À noter par ailleurs que les terrains agricoles et boisés du site sont arpentés par les chasseurs.

1.3.1.4 Circulation aérienne

Dans le cadre de la réalisation de la présente étude de dangers, les services de l'Armée de l'air et de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) ont été consultés afin d'identifier les servitudes potentiellement présentes sur le territoire de la zone d'étude des dangers.

Au regard de leurs réponses, il apparaît que le périmètre d'étude n'est grevé d'aucune servitude radar ou aéronautique en lien avec les activités de ces organismes. Par ailleurs, l'aérodrome le plus proche à savoir celui de « Montargis-Vimory » est situé à 9,75 km au sud, c'est-à-dire à plus de 2000 mètres de tout point des pistes de décollage et d'atterrissage. Dès lors, la présence d'aéronefs à proximité des machines est donc exclue.

1.3.1.5 Réseaux et canalisations

Aucun réseau, canalisation ou infrastructure susceptible de représenter une source de danger potentiel pour le présent projet n'est recensé sur l'aire d'étude des dangers.

Seule une ligne aérienne moyenne tension gérée par ENEDIS est recensée à 171 m de l'éolienne E14. Etant située en dehors de la zone de balayage du rotor, elle ne constitue pas une source potentielle de dangers.

1.3.1.6 Risques technologiques

Un risque lié au transport de matières dangereuses est recensé sur l'autoroute A19 qui traverse la zone d'étude des dangers entre E11 et E12. La distance entre l'éolienne E11 la plus proche vis-à-vis de l'A19 est suffisante pour écarter tout risque du parc éolien. En effet, celle-ci est supérieure au recul préconisé par l'article L.111-6 du Code de l'urbanisme selon lequel « en dehors des espaces urbanisés des communes, les constructions ou installations sont interdites dans une bande de cent mètres de part et d'autre de l'axe des autoroutes ».

1.3.2 Environnement naturel

1.3.2.1 Contexte climatique

1.3.2.1.1 Vents violents

Selon les données enregistrées à la station météorologique de Nemours, localisée à 19 km au nord du projet, des vents violents balaient ponctuellement le site. La plus forte rafale enregistrée s'élevait à 34 m/s.

Les données de vents recueillies par le mât de mesure implanté sur le site éolien depuis mars 2018 permettent à VSB Energies Nouvelles et Intervent d'avoir une connaissance fine du potentiel éolien local. Ainsi, la vitesse moyenne de vent est de 6,7 m/s à 120 m de hauteur. Elle est particulièrement marquée sur les secteurs nord-est et sud-ouest qui disposent des vents les plus puissants.

1.3.2.1.2 Températures et gel

Selon les données disponibles sur la station météorologique de Nemours :

- Il y a en moyenne 54,3 jours pour lesquels la température est inférieure à 0 degrés ;
- la température minimale moyenne annuelle est de 7,1 degrés ;
- la température la plus basse recensée a été de -13,4 °C.

Il apparaît que les épisodes où les températures descendent en dessous de 0°C sont fréquents sur le secteur. Ils concernent principalement les mois de décembre, janvier et février mais des températures négatives - parfois extrêmes (jusqu'à -22,5 °C recensés en janvier 1985) - peuvent être relevées tout au long de l'année, hors mois de juin et juillet, août et septembre.

1.3.2.1.3 Pluie

Chaque année, il tombe en moyenne 687 mm de pluie à Nemours (Saône-et-Loire) ; le site est donc équivalent au territoire métropolitain dont la moyenne des précipitations annuelles s'élève à 889 mm. Concernant les événements exceptionnels, la pluviométrie maximale enregistrée sur 24 heures a été de 58 mm ; elle correspond à un fort épisode orageux survenu au mois de septembre 2013.

1.3.2.1.4 Neige

En moyenne chaque année, ce sont 11,9 jours de neige qui sont comptabilisés. C'est au mois de février que la neige tombe le plus.

1.3.2.1.5 Grêle

En moyenne chaque année, ce sont 2,7 jours de neige qui sont comptabilisés. Le mois de mars est le plus concerné par la grêle (0,7 jour).

1.3.2.1.6 Brouillard

En moyenne chaque année, ce sont 50,6 jours de brouillard qui sont comptabilisés. Les mois de novembre, décembre et janvier sont les plus concernés par le brouillard (respectivement 8,1, 8,2 et 7,6 jour de brouillard).

1.3.2.2 Risques naturels

Les risques naturels peuvent constituer des agresseurs potentiels pour les éoliennes.

1.3.2.2.1 Séismes

Les communes de Courtempierre, Gondreville, Treilles-en-Gâtinais et Mignères se situent en zone de sismicité très faible (zone 1).

1.3.2.2.2 Mouvements de terrains

Les territoires communaux de Courtempierre et de Mignères sont concernés par le risque de mouvements de terrains, compte tenu de la présence sur la zone d'étude des dangers de l'aléa lié au retrait et gonflement des argiles (nul à modéré).

1.3.2.2.3 Foudre

La foudre est susceptible de frapper en tout point du territoire national.

1.3.2.2.4 Tempêtes

Les territoires de Courtempierre, Treilles-en-Gâtinais, Mignères et Gondreville sont concernés par les risques climatiques majeurs tels que les tempêtes.

1.3.2.2.5 Feux de forêts

Ce risque n'est pas identifié à l'échelle du périmètre d'étude qui se développe par ailleurs sur des terrains agricoles.

1.3.2.2.6 Inondations par crue ou remontée de nappes

La zone d'étude des dangers se situe à plusieurs kilomètres de la zone sensible aux inondations la plus proche. Elle n'est soumise à aucune réglementation spécifique concernant cet aléa. Pour autant, les éoliennes E13 à E15 sont localisées sur des zones sujettes aux inondations de cave.

1.3.3 Facteurs de risques et principaux enjeux à protéger

Au vu de l'analyse précédente, les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis des installations (également appelés "agresseurs potentiels") sont :

- Les vents violents ;
- La température et le gel ;
- Les précipitations, la neige et le gel ;
- Le brouillard ;
- Les mouvements de terrain liés au phénomène de retrait et gonflement des argiles ;
- La foudre ;
- Les tempêtes ;
- Les voies de communication.

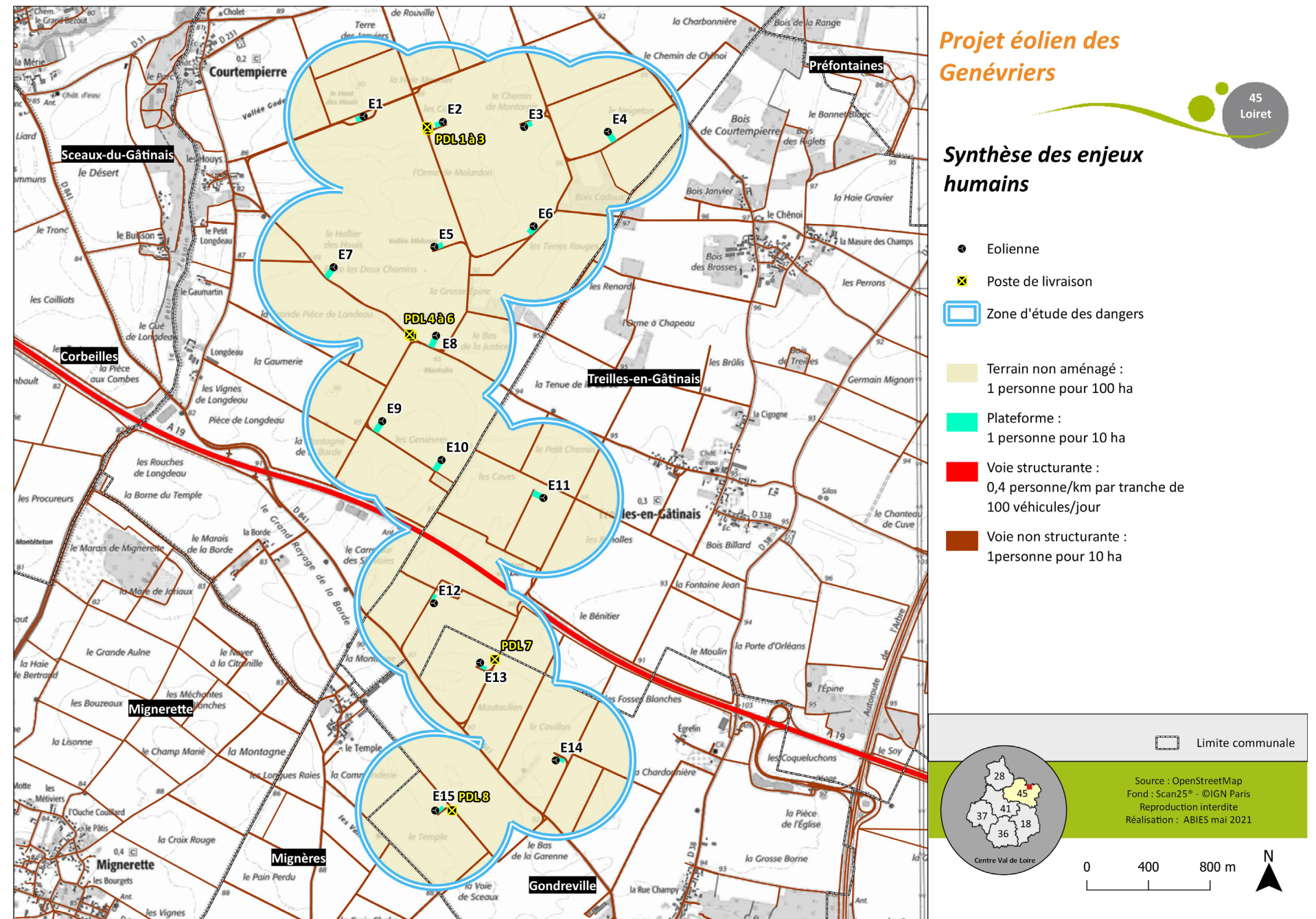
Concernant les enjeux ou intérêts à protéger au sein de la zone d'étude des dangers, en raison de la présence potentielle de personnes (principaux intérêts ou enjeux), sont recensés :

- les terrains non aménagés et très peu fréquentés incluant champs, prairies, forêts ou friches ;
- les voies de communication traversant la zone d'étude des dangers : Autoroute A19, D841, réseau de routes et chemins locaux, sentiers) ;

En se basant sur la méthode de comptage des personnes exposées, nous retiendrons :

- sur les terrains non aménagés et très peu fréquentés : une exposition d'une personne permanente pour 100 ha ;
- sur les terrains aménagés mais peu fréquentés : une exposition d'une personne permanente pour 10 ha ;
- sur les voies de communications :
 - concernant les voies dites structurantes (TMJA² ≥ 2000 véhicules/jour - A19) : une exposition de 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour ;
 - concernant les voies dites non structurantes (TMJA < 2000 véhicules/jour) : une exposition d'une personne pour 10 ha. La largeur retenue pour ces voies sera de 5 m (valeur maximisante). À noter que les pistes d'accès du parc éolien des Genévriers auront une largeur de 5 m, la largeur de la D841 retenue est de 7 m.

La carte ci-après identifie les enjeux de la zone d'étude des dangers pour l'ensemble du parc ainsi que pour chaque éolienne.



Carte 4 : Cartographie de synthèse des enjeux pour le projet éolien des Genévriers

² TMJA = Trafic Moyen Journalier Annuel

2 IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES

2.1	Les potentiels dangers de l'installation	12
2.1.1	Potentiels de dangers liés aux produits.....	12
2.1.2	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	12
2.2	Analyse préliminaire des risques	12
2.3	Etude détaillée des risques	13

2.1 Les potentiels dangers de l'installation

2.1.1 Potentiels de dangers liés aux produits

Bien que non consommateur de matières premières pour produire de l'électricité, un parc éolien nécessite l'emploi d'huiles et/ou de produits chimiques (eau glycolée pour le système de refroidissement, graisses pour la lubrification des roulements, solvants pour l'entretien des tours, ...).

Il est à préciser que ces produits font partie intégrante de l'éolienne. Ils sont utilisés lors de la fabrication des aérogénérateurs. Ils seront donc présents lors des opérations de maintenance.

Les produits chimiques et les lubrifiants utilisés dans les éoliennes sont certifiés selon les normes ISO 14001:2004 ; on notera parmi les principaux éléments chimiques :

- le liquide de refroidissement (eau glycolée) ;
- les huiles pour le système hydraulique ;
- les graisses pour la lubrification des roulements.

D'autres produits chimiques présentant une certaine toxicité sont utilisés lors des diverses opérations de maintenance, comme :

- de la peinture et des solvants pour l'entretien des pales ou de la tour ;
- de la résine d'époxy, du mastic et de la colle pour la réparation des pales ;
- de la graisse, de la cire et des solvants pour la lubrification occasionnelle ou la protection anticorrosion.

D'autres produits peuvent être utilisés lors des phases de maintenance (lubrifiants, décapants, produits de nettoyage), mais toujours en faibles quantités (quelques litres au plus).

2.1.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien des Genévriers 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 ;
- échauffement de pièces mécaniques ;
- courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Afin de se prémunir des éventuels dangers, il a été adopté pour le parc éolien des Genévriers un certain nombre d'actions préventives. En effet le porteur de projet s'est adapté aux différentes contraintes techniques et environnementales. Ces actions portent sur :

- aucun réseau ou canalisation de gaz, d'électricité et d'hydrocarbures, aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement ni aucune Installation Nucléaire de Base ne sont présents à moins de 500 m des mâts ;
- le site concerne un secteur dépourvu de sensibilités particulières vis-à-vis des risques naturels identifiés. Ceux-ci ne présentent en effet pas un niveau d'aléa ni une fréquence d'apparition rendant le territoire particulièrement à risques pour l'implantation d'éoliennes ;

- le site concerne un secteur dépourvu de sensibilités particulières vis-à-vis des risques naturels et technologiques identifiés. Ceux-ci ne présentent en effet pas un niveau d'aléa ni une fréquence d'apparition rendant le territoire particulièrement à risques pour l'implantation d'éoliennes. Ce constat peut être étendu au risque de déstabilisation des aérogénérateurs lié à l'aléa retrait-gonflement des argiles ou à l'aléa relatif aux inondations de cave. En effet, il existe pour les installations éoliennes des techniques de construction adaptées et éprouvées permettant l'implantation et l'exploitation d'aérogénérateurs en terrains instables : fondations reposant sur un réseau de micropieux descendant à plusieurs mètres sous l'ouvrage, remplacement des couches de terrains instables par des matériaux insensibles à la déformation, etc. ;

Par ailleurs, l'absence d'établissements recevant du public au sein de la zone d'étude des dangers ainsi que la situation des machines au-delà du recul minimal de 500 m vis-à-vis des habitations (716 m au plus près) réduisent d'autant plus le risque de mise en dangers des populations riveraines en cas d'évènement accidentel.

2.2 Analyse préliminaire des risques

Cette analyse des risques a été réalisée selon la méthode APR (Analyse Préliminaire des Risques). Elle a permis d'identifier six grandes familles de scénarii pouvant conduire à des événements accidentels, à savoir :

- les scénarii concernant la glace ;
- les scénarii concernant l'incendie ;
- les scénarii concernant les fuites d'huiles ;
- les scénarii concernant la chute d'éléments de l'éolienne ;
- les scénarii concernant les risques de projection ;
- les scénarii concernant les risques d'effondrement.

Plusieurs événements initiateurs ont été exclus de cette analyse, notamment la « chute d'avions », les « actes de malveillance » ou les « explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne » écartant notamment le risque lié à la proximité de la canalisation de gaz enterrée. Ce tri dans les événements initiateurs se base sur les dispositions de la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers ainsi que sur les dispositions de la « Trame type de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » réalisée par l'INERIS.

Trois catégories de scénarii ont été par ailleurs exclues en raison de leur faible intensité. Il s'agit de :

- l'incendie de l'éolienne (effets thermiques) ;
- l'incendie du poste de livraison ou du transformateur ;
- l'infiltration d'huile dans le sol.

À l'issue de cette analyse, cinq risques majeurs ont été retenus. Il s'agit des risques liés à :

- l'effondrement de l'éolienne ;
- la chute de glace ;
- la chute d'éléments de l'éolienne ;
- la projection de tout ou une partie de pale ;
- la projection de glace.

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

Afin de limiter les risques un certain nombre de mesures de sécurité a été mis en œuvre, tels que :

- la mise en place d'un système de déduction de la formation de glace sur les pales couplé à un dispositif de mise à l'arrêt de la turbine ;

- l'installation d'un panneau d'information sur les chemins d'accès aux éoliennes afin de prévenir les personnes du risque de chute de glace ;
- l'installation de systèmes d'arrêt automatique en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis ;
- des capteurs de températures (sondes) sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, au déclenchement d'une alarme et à la mise à l'arrêt du rotor ;
- un système de coupure automatique de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique (prévention des courts-circuits) ;
- la mise à la terre et la protection des éléments de l'aérogénérateur ;
- des systèmes de détection incendie disposés aux possibles points d'échauffements de l'aérogénérateur ;
- des détecteurs de niveau d'huile et des capteurs de pression. En cas de fuite, une procédure d'urgence est notamment déclenchée ;
- des contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages afin de prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne.

A noter que chaque modèle d'éolienne susceptible d'être retenu comporte des plans d'action et des dispositifs complémentaires permettant de prévenir les scénarios de chute ou de projection de glace. En outre, la proximité des centres de maintenance par rapport au projet éolien des Genévriers des différents fabricants (Nordex, Vestas et Enercon), à moins d'une 1h20 permet d'assurer des interventions rapides et régulières sur le parc selon les préconisations de maintenance définies par chaque constructeur.

Enfin chacun des 3 groupes d'éoliennes du projet sont suivis par un système SCADA spécifique au fabricant des éoliennes retenues. Ce système permet de superviser à distance chacune des éoliennes. Ces supervisions permettent de vérifier les paramètres de fonctionnement et de contrôler à distance en temps réel chaque éolienne.

2.3 Etude détaillée des risques

En tenant compte des cinq risques retenus pour l'étude détaillée, il a été déterminé pour chacun d'entre eux :

- **la zone d'effet**, à savoir le périmètre sur lequel un événement dangereux peut se produire ;
- **l'intensité du phénomène** dangereux : trois niveaux d'intensité sont définis : exposition très forte, exposition forte et exposition modérée ;
- **la cinétique**, à savoir la vitesse d'enchaînement des événements constituant un accident. Dans le cas d'une étude de dangers d'un parc éolien, il est considéré que tous les accidents ont une cinétique rapide ;
- **la probabilité**, à savoir la fréquence possible de l'accident. La probabilité est classée en 5 catégories « Evénement possible mais extrêmement peu probable », « Evénement très improbable », « Evénement improbable », « Evénement probable sur site », « Evénement courant » ;
- **la gravité** qui est fonction du nombre de personnes exposées. 5 niveaux de gravité sont considérés, « Désastreux », « Catastrophique », « Important », « Sérieux » et « Modéré ».

Remarque : pour chacun des risques étudiés, nous avons considéré des hypothèses de calcul (définies par le guide INERIS pour la réalisation des études de dangers) afin d'utiliser la méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une des trois éoliennes du projet de parc éolien des Genévriers.

Le tableau suivant récapitule, pour chaque scénario étudié, les zones d'effets ainsi que les paramètres de cinétique, d'intensité, de probabilité et de gravité qui leur sont associés dans le cadre du projet de parc éolien des Genévriers.

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur de machine en bout de pale (200 m)	Rapide	Exposition modérée	D (rare)	Modérée Pour toutes les éoliennes
Chute de glace	Zone de survol du rotor (disque de 81,5 m de rayon)	Rapide	Exposition modérée	A (événement courant)	Modérée Pour toutes les éoliennes
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol du rotor (disque de 81,5 m de rayon)	Rapide	Exposition modérée	C (improbable)	Modérée Pour toutes les éoliennes
Projection de pale ou de fragment de pale	Disque de 500 m de rayon autour du mât de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (rare)	Importante Pour les éoliennes E10, E12 et E13 Modérée pour les éoliennes E1 à E9, E11, E14 et E15
Projection de glace	Disque de 421,5 m de rayon autour du mât de l'éolienne (formule = 1,5 x (H + 2R))	Rapide	Exposition modérée	B (probable)	Modérée Pour toutes les éoliennes

Tableau 3 : Tableau de synthèse des scénarios étudiés

Le niveau de gravité retenu est :

- « Modéré » pour les scénarios « effondrement de l'éolienne », « chute de glace », « chute d'éléments d'une éolienne », « projection de glace » pour l'ensemble des éoliennes. Il l'est spécifiquement au niveau des éoliennes E1 à E9, E11, E14 et E15 pour le scénario « projection de pale ou de fragment de pale » ;
- « Important » pour les éoliennes E10, E12 et E13 du scénario « effondrement de l'éolienne ».

A noter que, conformément au guide de l'INERIS, les axes routiers tels que la RD841 et l'autoroute, interceptés par la zone d'effet du scénario de projection de glace, sont exclus des calculs pour le scénario de projection de glace. En effet, le guide de l'INERIS indique qu'« il a été observé dans la littérature disponible qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité³ ».

Il apparaît que toutes les mesures de maîtrise des risques qui seront mises en place sur les éoliennes du parc éolien des Genévriers sont suffisantes pour garantir un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux retenus dans l'étude. Parmi elles, on peut noter pour :

- l'effondrement de l'éolienne : les contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages, un arrêt automatique avec diminution de la prise au vent de l'éolienne, ... ;
- la chute de glace et la projection de glace : un panneau d'information sera installé sur les chemins d'accès aux éoliennes pour prévenir du risque de chute et de projection de glace ; par ailleurs, un système de détection de présence de glace sur les pales équipera les machines ;
- la projection de pales ou de fragments de pales : la détection de survitesse et le système de freinage, des contrôles réguliers des différentes pièces d'assemblages, ... ;

³ Cf. page 80 du guide technique - « élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » basé sur le rapport « Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003 ».

- la chute d'éléments des éoliennes : des contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblage.

Le tableau suivant est une matrice de criticité, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Elle permet de définir l'acceptabilité des risques étudiés au regard des mesures de maîtrise mises en place.

Tableau 4 : Matrice d'acceptabilité des scénarios étudiés

		CLASSE DE PROBABILITÉ				
		E	D	C	B	A
GRAVITÉ DES CONSÉQUENCES	Désastreux					
	Catastrophique					
	Important					
	Sérieux		Importante Pour les éoliennes E10, E12 et E13			
	Modéré		Effondrement d'éolienne Modérée pour les éoliennes E1 à E9, E11, E14 et E15	Chute d'éléments Modérée Pour toutes les éoliennes	Projection de glace Modérée Pour toutes les éoliennes	Chute de glace Modérée Pour toutes les éoliennes

Légende :

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

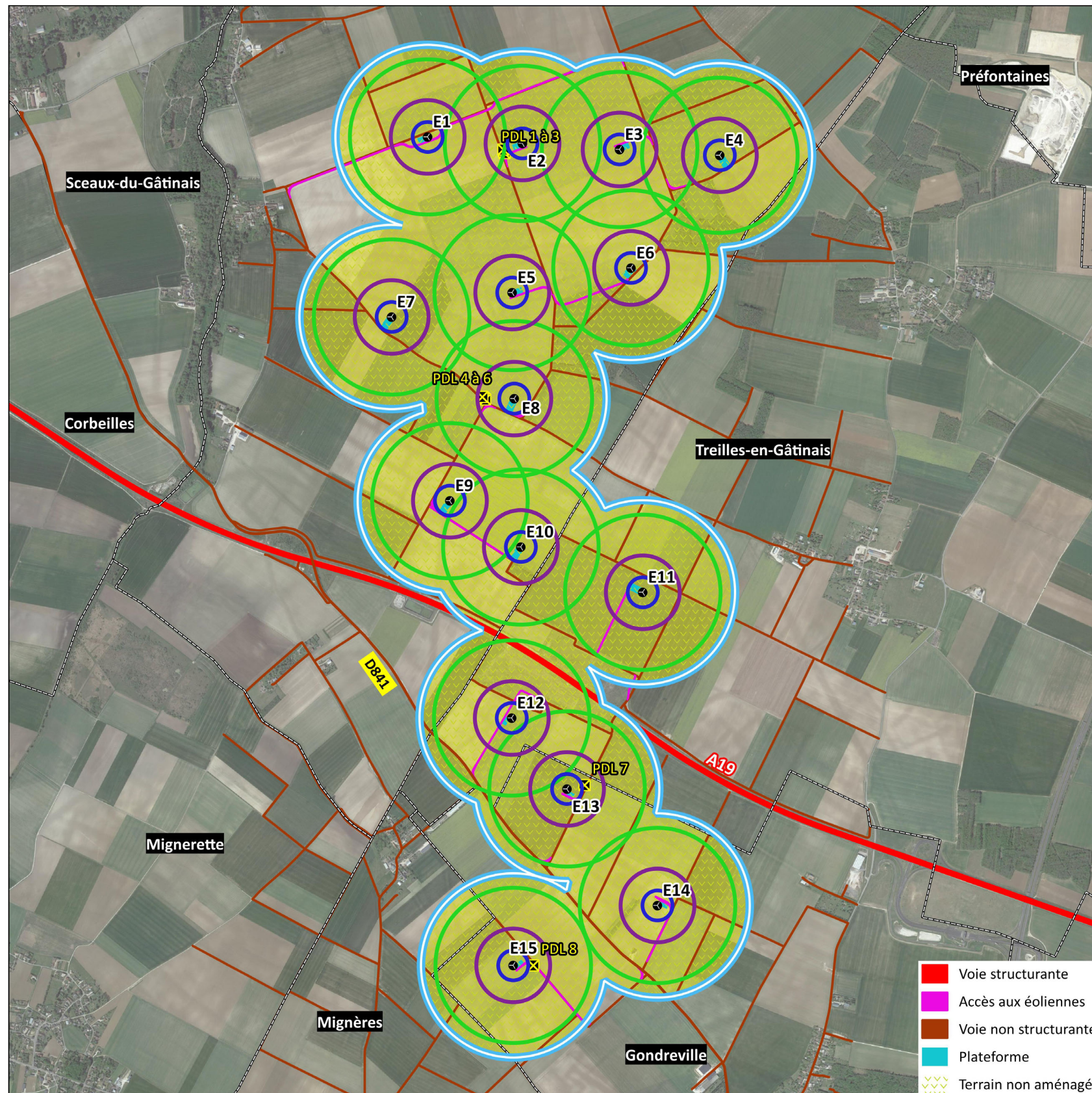
Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice (risque important et non acceptable) ;
- les différents scénarios étudiés présentent un niveau de risque faible à très faible (cases jaunes et vertes). Pour les cas présentant un risque faible, le choix d'aérogénérateurs récents et les fonctions de sécurité détaillées dans la partie □ permettent de rendre ce risque acceptable.

Le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacune des éoliennes au vu des données de fréquentation connues et/ou estimées. Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

À la lumière des conclusions ci-dessus, nous pouvons conclure que le parc éolien des Genévriers présente des risques acceptables.

3 CONCLUSION



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

Synthèse des risques

- Eolienne
- ✕ Poste de livraison

Projection de pales (500 m)
 Nombre de personnes exposées : 56,19 au maximum
 >Gravité modérée à importante

Projection de glace (421,5m)
 Nombre de personnes exposées : 0,70 au maximum
 >Gravité modérée

Effondrement (200 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,19 au maximum
 >Gravité modérée

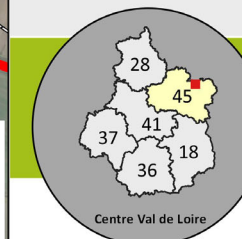
Chute de glace (81,5 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,05 au maximum
 >Gravité modérée

Chute d'éléments (81,5 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,05 au maximum
 >Gravité modérée

Intensité du risque

Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

▭ Limite communale



Source : OpenStreetMap
 Fond : Google Satellite® - ©Google
 Reproduction interdite
 Réalisation : ABIES juin 2021

0 250 500 m



Carte 5 : Synthèse des risques pour les éoliennes des Genévriers

ICONOGRAPHIE / LISTE DES ILLUSTRATIONS

SOMMAIRE DES CARTES

Carte 1 : Plan de situation du projet de parc éolien du projet de parc éolien des Genévriers	5
Carte 2 : zone d'étude des dangers des éoliennes du parc éolien des Genévriers	7
Carte 3 : Voies de communication identifiées au droit de la zone d'étude des dangers	8
Carte 4 : Cartographie de synthèse des enjeux pour le projet éolien des Genévriers	10
Carte 5 : Synthèse des risques pour les éoliennes des Genévriers	17

SOMMAIRE DES FIGURES

Figure 1:schéma type d'une fondation	6
--------------------------------------	---

SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques et gabarits des aérogénérateurs envisagés pour le parc éolien des Genévriers	5
Tableau 2 : Coordonnées des équipements du projet éolien des Genévriers (Source : VSB)	6
Tableau 3 : Tableau de synthèse des scénarios étudiés	13
Tableau 4 : Matrice d'acceptabilité des scénarios étudiés	14

Projet éolien des Genévriers – Loiret (45)

Etude de dangers

Décembre 2022

Communes de de Courtempierre, Gondreville et Treilles-en-Gâtinais



Maître d'ouvrage : VSB Énergies Nouvelles et Intervent

Intervenants Abies :

- Contrôle qualité : Paul NEAU
- Coordination et rédaction : Thomas Marchesi et Guilhem Dupouy
- Biodiversité : Audrey SAUGE et Eliot Ugnon-Coussioz
- Paysage et patrimoine : Florence Sanssené
- Cartographie : Jérémy Fortin

ABIES, SAS au capital de 172 800 euros

RCS : 448 691 147 Toulouse - Code NAF : 7112B

7, avenue du Général Sarrail

31290 Villefranche-de-Lauragais - France

Tél. : 05 61 81 69 00. Fax : 05 61 81 68 96 Mail : info@abiesbe.com

SOMMAIRE

1	PREAMBULE ET METHODES	6
1.1	Objectifs de l'étude de dangers.....	8
1.2	Contexte législatif et réglementaire	8
1.3	Nomenclature des installations classées	8
1.4	Document guide pour l'élaboration de l'étude de dangers	9
2	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	10
2.1	Localisation du site	12
2.2	Définition de la zone d'étude	13
3	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	15
3.1	Environnement humain	17
3.2	Environnement naturel	19
3.3	Environnement matériel.....	23
3.4	Cartographie de synthèse	24
4	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION ET DES PROCEDES DE FABRICATION	43
4.1	Caractéristiques d'un parc éolien	45
4.2	Caractéristiques du parc éolien des Genévriers	46
4.3	Fonctionnement d'une éolienne.....	49
4.4	Aires de levage	52
4.5	Chemins d'accès.....	52
4.6	Durée de vie et démantèlement	52
4.7	Fonctionnement des réseaux de l'installation	52
4.8	La maintenance.....	55
4.9	Dispositions constructives	56
5	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	60
5.1	Potentils de dangers liés aux produits	62
5.2	Potentils de dangers liés au fonctionnement de l'installation	62

L'étude de dangers justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible

5.3	Réduction des potentiels de dangers à la source.....	63
6	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE.....	66
6.1	Inventaire des accidents et incidents en France	68
6.2	Inventaire des accidents et incidents à l'international	68
6.3	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expériences.....	70
7	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	72
7.1	Objectif de l'Analyse Préliminaire des Risques.....	74
7.2	Recensement des évènements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	74
7.3	Recensement des agressions externes potentielles	74
7.4	Scénarios étudiés dans l'Analyse Préliminaire des Risques	75
7.5	Effets dominos.....	78
7.6	Mise en place des mesures de sécurité.....	78
7.7	Conclusion de l'Analyse Préliminaire des Risques	90
8	ÉTUDE DETAILLEE DES RISQUES	92
8.1	Rappel des définitions	94
8.2	Caractérisation des scénarios retenus.....	95
8.3	Synthèse de l'étude détaillée des risques.....	105
9	CONCLUSION.....	124
10	ANNEXES	128
10.1	Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne	130
10.2	Tableau de l'accidentologie française	131
10.3	Zones d'effet retenues	146
10.4	Scénarios génériques issus de l'Analyse Préliminaire des Risques	147
10.5	Probabilité d'atteinte et risque individuel	148
10.6	Exemple d'écran des systèmes SCADA Nordex, Vestas et Enercon.....	150

SOMMAIRE

10.7 Glossaire	161
10.8 Bibliographie et références utilisées.....	162

1 PREAMBULE ET METHODES

1.1	Objectifs de l'étude de dangers.....	8
1.2	Contexte législatif et réglementaire	8
1.3	Nomenclature des installations classées	8
1.4	Document guide pour l'élaboration de l'étude de dangers	9

1.1 Objectifs de l'étude de dangers

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

Nous rappelons que ce projet consiste en la création d'un parc éolien constitué de 15 aérogénérateurs.

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

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien des Genévriers, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des aérogénérateurs 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 mesures 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.

Les notions de danger et de risque sont définies ci-après :

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 ». (Glossaire des risques technologiques, circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers).

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).

1.2 Contexte législatif et réglementaire

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L.181-25, l'étude de dangers « précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés à l'article L.511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. ».

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

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 le III de l'article D.181-15-2 du code de l'environnement ; il est également détaillé dans 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 :

- 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 et nature et organisation des moyens d'alerte et de secours dont dispose l'exploitant ;
- étude détaillée de réduction des risques ;
- quantification et hiérarchisation des différents scénarios en terme de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection ;
- représentation cartographique ;
- résumé non technique de l'étude de dangers.

Cette circulaire apporte notamment des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

Il est à noter que les principaux risques inhérents à une installation éolienne sont générés au cours de son exploitation. Ainsi, l'étude de dangers concerne principalement cette phase.

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 :

	Désignation de la rubrique	A, E, D, 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, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement
(2) Rayon d'affichage en kilomètres

Le parc éolien des Genévriers comprend au moins un aérogénérateur dont l'ensemble mât+nacelle a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : cette installation est donc soumise au régime d'autorisation (A), qualifiée d'Autorisation Environnementale au sens de l'article L.512-1 du code de l'environnement. Le Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale relatif à ce projet doit notamment comporter une étude de dangers.

1.4 Document guide pour l'élaboration de l'étude de dangers

Dans la Circulaire du 29 août 2011 relative aux conséquences et orientations du classement des éoliennes dans le régime des installations classées (DEVP1119997C), il est précisé que « *s'agissant des études de dangers, désormais exigibles pour les éoliennes soumises à autorisation, elles pourront présenter un caractère plus léger que bon nombre d'autres installations classées, bien plus dangereuses, dans un souci de proportionnalité* ». Il y est ajouté que, compte tenu des larges caractéristiques communes que présentent les éoliennes disponibles sur le marché, le syndicat des énergies renouvelables a lancé la réalisation d'une **étude de dangers type qui pourra constituer le corps principal des études de dangers réalisées par les pétitionnaires**.

Ce document type, intitulé « Guide technique - Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » a été publié en mai 2012. Il a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS et de professionnels du Syndicat des Energies Renouvelables et a servi de base pour la réalisation du présent document.

L'étude de dangers du projet de parc éolien des Genévriers respecte les dispositions de l'article D.181-15-2 du code de l'environnement et a été réalisée sur la base du guide technique produit par l'INERIS et le Syndicat des Energies Renouvelables.

2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1	Localisation du site	12
2.2	Définition de la zone d'étude	13

Le présent projet éolien consiste en l'implantation de 15 aérogénérateurs sur le territoire des communes de Courtempierre, Gondreville et Treilles-en-Gâtinais, dans le département du Loiret (45) en région Centre-Val de Loire.

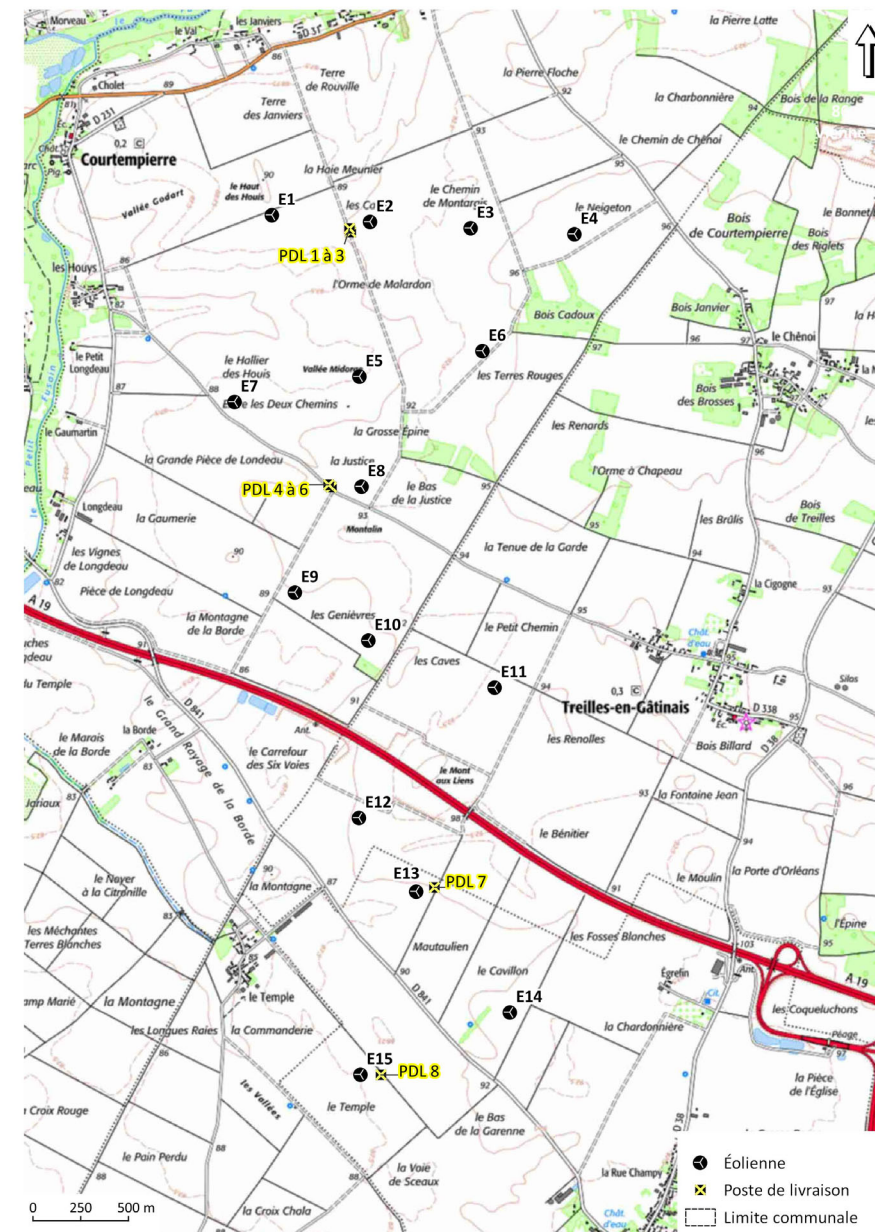
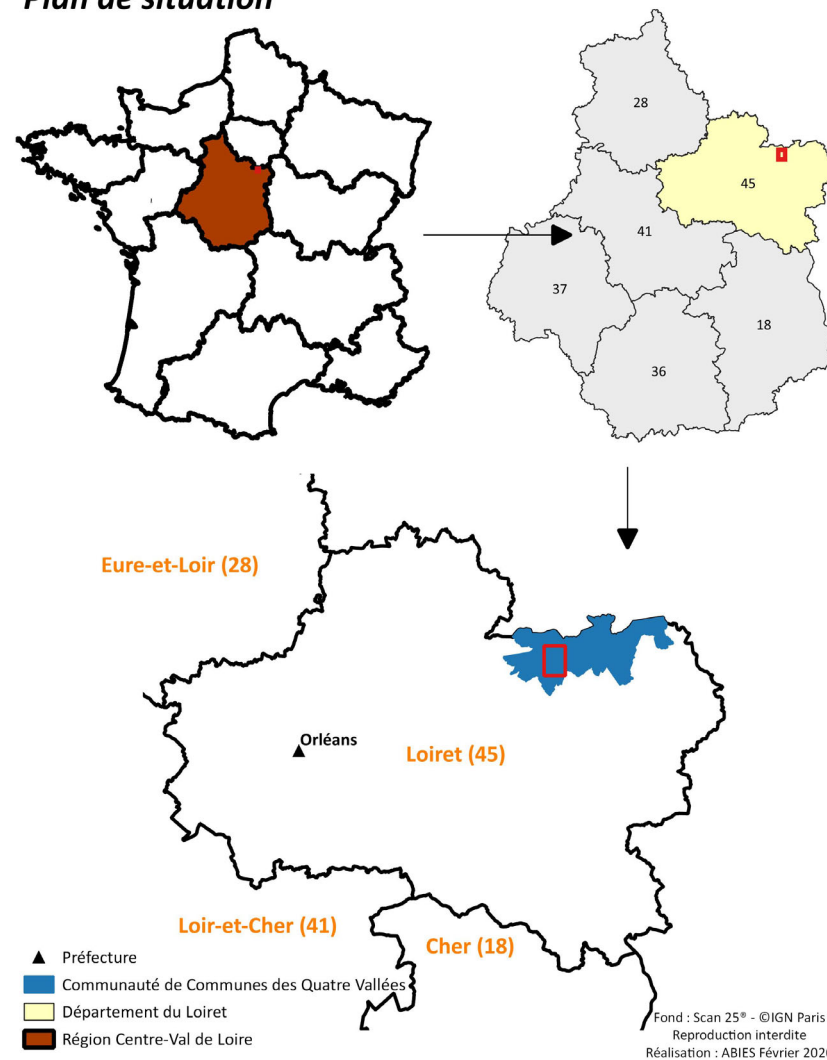
Les éoliennes équipant ce parc auront une puissance unitaire maximale de 5,7 MW.

2.1 Localisation du site

La carte ci-après permet de situer les éoliennes du parc éolien des Genévriers à différentes échelles : nationale, régionale, départementale et communale.

Projet éolien des Genévriers

Plan de situation



- E2 - E3 : 527 m ;
- E3 - E6 : 646 m ;
- E3 - E4 : 544 m ;
- E5 - E6 : 658 m ;
- E5 - E7 : 667 m ;
- E5 - E8 : 576 m ;
- E8 - E9 : 655 m ;
- E9 - E10 : 459 m ;
- E10 - E11 : 705 m ;
- E11 - E12 : 985 m ;
- E12 - E13 : 488 m ;
- E13 - E14 : 800 m ;
- E14 - E15 : 847 m.

L'écart moyen entre chaque machine est de 648 m. Cet espacement correspond à près de 4 fois le diamètre des plus grands rotors envisagés pour équiper les éoliennes du projet (163 m).

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques (référentiel Lambert 93) de chacune des 15 éoliennes et des 8 postes de livraison équipant le parc.

Carte 1 : Plan de situation du projet de parc éolien du projet de parc éolien des Genévriers

Les 15 aérogénérateurs du parc s'organisent selon un alignement d'allure légèrement orienté nord / sud.

Les distances entre les éoliennes les plus proches (distance mât à mât) sont détaillées ci-après :

- E1 - E2 : 515 m ;

Tableau 1 : Coordonnées des équipements du projet éolien des Genévriers (Source : VSB)

Coordonnées géographiques des éoliennes et des postes de livraison (Lambert 93)				
Équipements	X	Y	Z (altitude du terrain en mètres)	Commune d'implantation
Éolienne 1 (E1)	672 330	6 777 762	89,00	Courtempierre
Éolienne 2 (E2)	672 844	6 777 727	92,00	
Éolienne 3 (E3)	673 370	6 777 694	93,00	
Éolienne 4 (E4)	673 913	6 777 663	96,00	
Éolienne 5 (E5)	672 788	6 776 918	92,00	
Éolienne 6 (E6)	673 432	6 777 051	93,00	
Éolienne 7 (E7)	672 135	6 776 785	88,00	
Éolienne 8 (E8)	672 799	6 776 342	89,00	
Éolienne 9 (E9)	672 450	6 775 788	89,00	
Éolienne 10 (E10)	672 835	6 775 537	93,00	
Éolienne 11 (E11)	673 496	6 775 291	93,00	Treilles-en-Gâtinais
Éolienne 12 (E12)	672 785	6 774 608	98,00	Gondreville
Éolienne 13 (E13)	673 085	6 774 223	90,00	
Éolienne 14 (E14)	673 575	6 773 591	92,00	
Éolienne 15 (E15)	672 793	6 773 266	88,00	Courtempierre
Poste de livraison 1 (PDL 1)	672 735	6 777 702	90,00	
Poste de livraison 2 (PDL 2)	672 738	6 777 693	90,00	
Poste de livraison 3 (PDL 3)	672 742	6 777 684	90,00	
Poste de livraison 4 (PDL 4)	672 622	6 776 353	90,00	
Poste de livraison 5 (PDL 5)	672 629	6 776 353	90,00	
Poste de livraison 6 (PDL 6)	672 637	6 776 340	90,00	
Poste de livraison 7 (PDL 7)	673 182	6 774 249	90,00	
Poste de livraison 8 (PDL 8)	672 898	6 773 268	88,00	

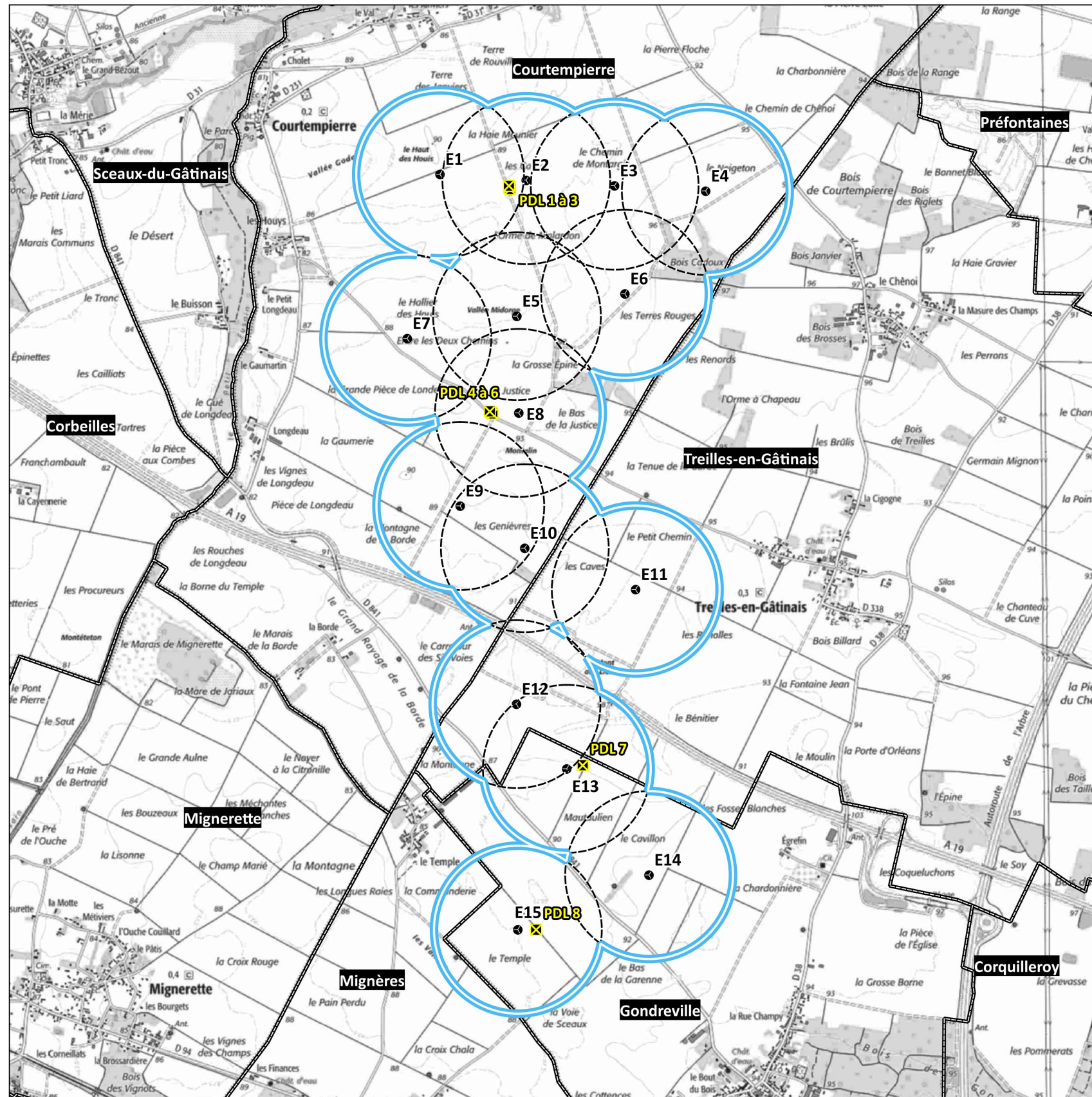
2.2 Définition de la zone d'étude

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

L'INERIS propose que chaque aire d'étude corresponde à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'éolienne. Cette distance correspond au rayon d'effet retenu pour le phénomène de projection d'éléments du rotor, scénario accidentel dont la portée est la plus étendue.

Conformément à ces préconisations, il a été appliqué un rayon de 500 mètres autour de chaque mât des 15 éoliennes en projet. Les aires d'étude de dangers de ces éoliennes se superposent partiellement. L'ensemble formé constitue la zone d'étude des dangers qui s'inscrit sur les territoires communaux de Courtempierre, Préfontaines, Treilles-en-Gâtinais, Gondreville et Mignères.

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



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

Zone d'étude des dangers

- Eolienne
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers
- Aire d'étude des dangers (périmètre de 500 m autour des éoliennes)

Limite communale

Fond : Scan25® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES mai 2011

0 400 800 m

Carte 2 : Zone d'étude des dangers du parc éolien des Genévriers

3 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement de la zone d'étude de l'installation afin d'identifier :

- les principaux intérêts à protéger (= enjeux) ;
- les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (= agresseurs potentiels).

3.1	Environnement humain	17
3.1.1	Zones urbanisées	17
3.1.2	Établissements Recevant du Public (ERP)	17
3.1.3	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et Installations Nucléaires de Base (INB)	18
3.1.4	Autres activités	18
3.1.5	Risques technologiques	18
3.2	Environnement naturel	19
3.2.1	Contexte climatique	19
3.2.2	Risques naturels	21
3.3	Environnement matériel	23
3.3.1	Voies de communication	23
3.3.2	Circulation aérienne	24
3.3.3	Réseaux et canalisations	24
3.4	Cartographie de synthèse	24

3.1 Environnement humain

Le site s'insère dans un contexte agricole où les cultures occupent la majorité du territoire à l'exception de quelques petits boisements épars. Il est traversé par un réseau viarie essentiellement constitué de pistes et de chemins, mais aussi par l'autoroute A19 (entre les éoliennes 11 et 12), une route départementale au sud et une voie communale.

3.1.1 Zones urbanisées

Le projet de parc éolien des Genévriers se situe dans un environnement peu marqué par l'habitat qui est principalement concentré sur les villages de Treilles-en-Gâtinais, de Gondreville, sur quelques hameaux dispersés et les axes routiers principaux comme la D120.

La zone d'étude des dangers intercepte les territoires des communes de Courtempierre, Treilles-en-Gâtinais, Gondreville, Mignères. L'occupation du sol de ces communes est régie par le Règlement National d'Urbanisme sur les communes de Courtempierre, Mignères et Treilles-en-Gâtinais. L'occupation du sol sur la commune de Gondreville est régie par une Carte Communale.

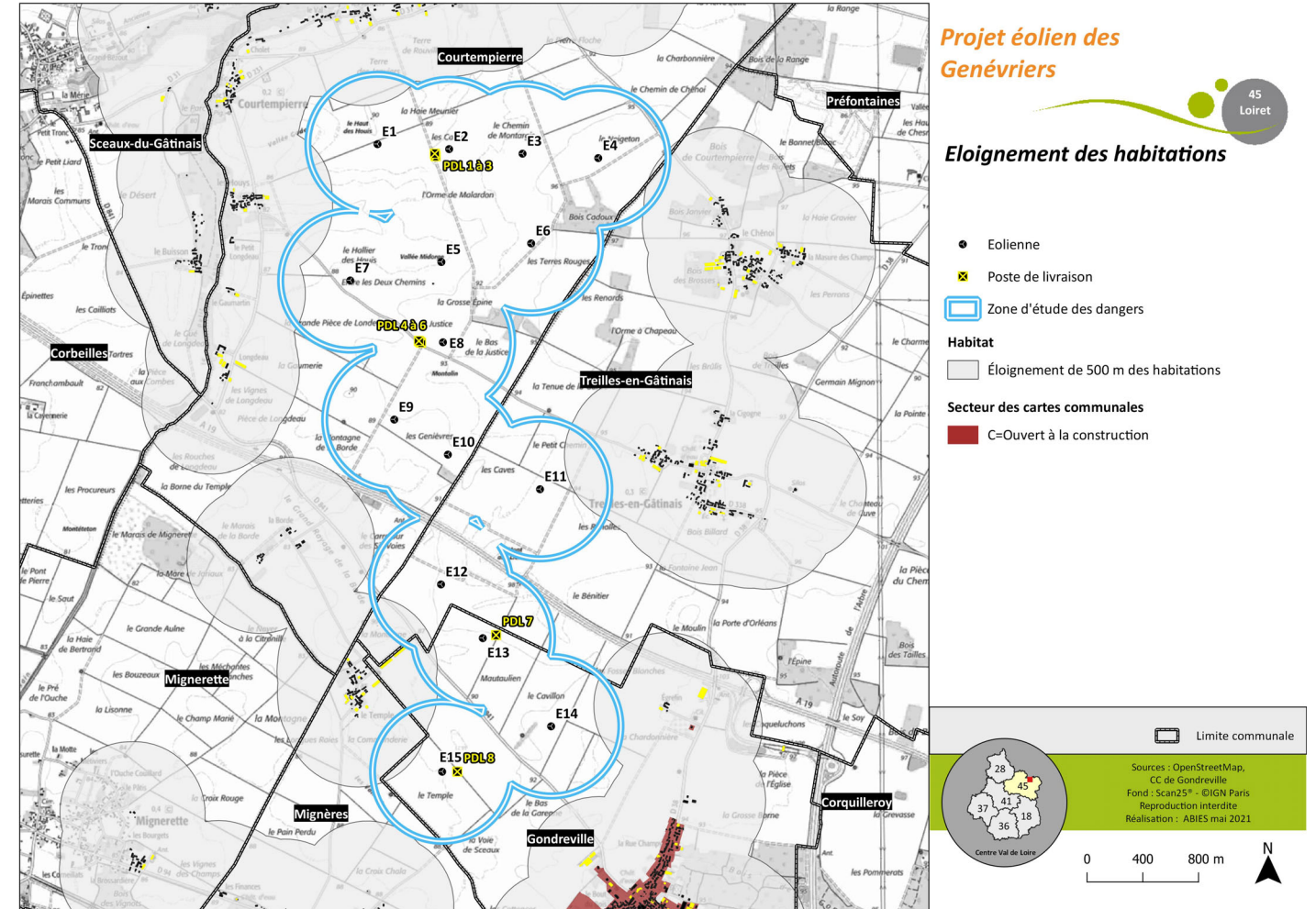
Le tableau ci-après présente, pour les communes précitées, les distances séparant les éoliennes (mât) en projet des plus proches habitations identifiées et des zones d'habitation définies par les documents d'urbanisme à proximité.

Tableau 2 : Distances d'éloignement des éoliennes vis-à-vis des plus proches habitations et zones d'habitation

Commune	Population (habitants en 2017)	Règlement/Document régissant l'occupation du sol	Zone d'habitation ou habitation la plus proche
Courtempierre	225	Règlement National d'Urbanisme	Habitation à 822 m au nord-ouest de E7
Gondreville	335	Carte Communale	Habitation à 819 m à l'est de E14
Treilles-en-Gâtinais	287	Règlement National d'Urbanisme	Habitation à 716 m à l'est de E11
Mignères	322	Règlement National d'Urbanisme	Habitation à 745 au nord-ouest de E15

Les éoliennes du projet de parc éolien des Genévriers se situent *a minima* à 716 mètres de toute habitation ou zone d'habitation définie par un document d'urbanisme.

Aucune habitation ou zone destinée à l'habitation n'est présente au sein de la zone d'étude des dangers. Ainsi, l'habitat n'est pas considéré comme un enjeu à protéger au regard des risques potentiels induits par un parc éolien.



Carte 3 : Localisation de l'habitat par rapport à la zone d'étude des dangers

3.1.2 Établissements Recevant du Public (ERP)

Selon l'article R.123-2 du code de la construction et de l'habitation, « *constituent des établissements recevant du public tous bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises, soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitation, payantes ou non. Sont considérées comme faisant partie du public toutes les personnes admises dans l'établissement à quelque titre que ce soit en plus du personnel.* ».

Cela regroupe donc un très grand nombre d'établissements, comme les magasins et centres commerciaux, les cinémas, les théâtres, les hôpitaux, les écoles et universités, les hôtels et restaurants, etc. que ce soient des structures fixes ou provisoires (chapiteaux, tentes, structures gonflables).

La majorité des établissements recensés sur le territoire des communes concernées par la zone d'étude des dangers se situe en centres-bourgs (mairies, églises, commerces, gîtes, etc.). Aucun ERP n'est présent au sein de la zone d'étude des dangers.

Aucun Établissement Recevant du Public n'est recensé au sein de la zone d'étude des dangers. Les ERP ne constituent pas un enjeu à protéger ni un agresseur potentiel.

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

Le recensement des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) éventuellement présentes au sein de la zone d'étude des dangers s'est appuyé sur la base de données en ligne <https://www.georisques.gouv.fr/dossiers/installations> du Ministère de la Transition écologique et solidaire qui répertorie les différentes installations en France. La consultation effectuée met en évidence l'absence d'établissements de ce type au sein du périmètre d'étude. Le plus proche est un élevage de volailles situé sur la commune de Treille-en-Gâtinais, au hameau du Chenois, à 1120 m à l'est de E4.

Concernant les Installations Nucléaires de Base (INB), la consultation de la "Liste des installations nucléaires de base au 31 décembre 2018" souligne l'absence d'installations de ce type au sein de la zone d'étude des dangers ni même à l'échelle du département du Loiret.

Aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement ou Installation Nucléaire de Base n'est identifiée au sein de la zone d'étude des dangers. Dans le cas présent, ces établissements ne constituent ni un enjeu à protéger ni un agresseur potentiel.

3.1.4 Autres activités

La zone d'étude des dangers s'insère dans un milieu agricole dont les cultures dominantes sont représentées par l'orge en 2018. Quelques petits boisements parsèment également le site. Elle est traversée et desservie par plusieurs axes de déplacements : routes locales, chemins et sentiers, départementale, autoroute A19 (Cf. chapitre 3.3.1).

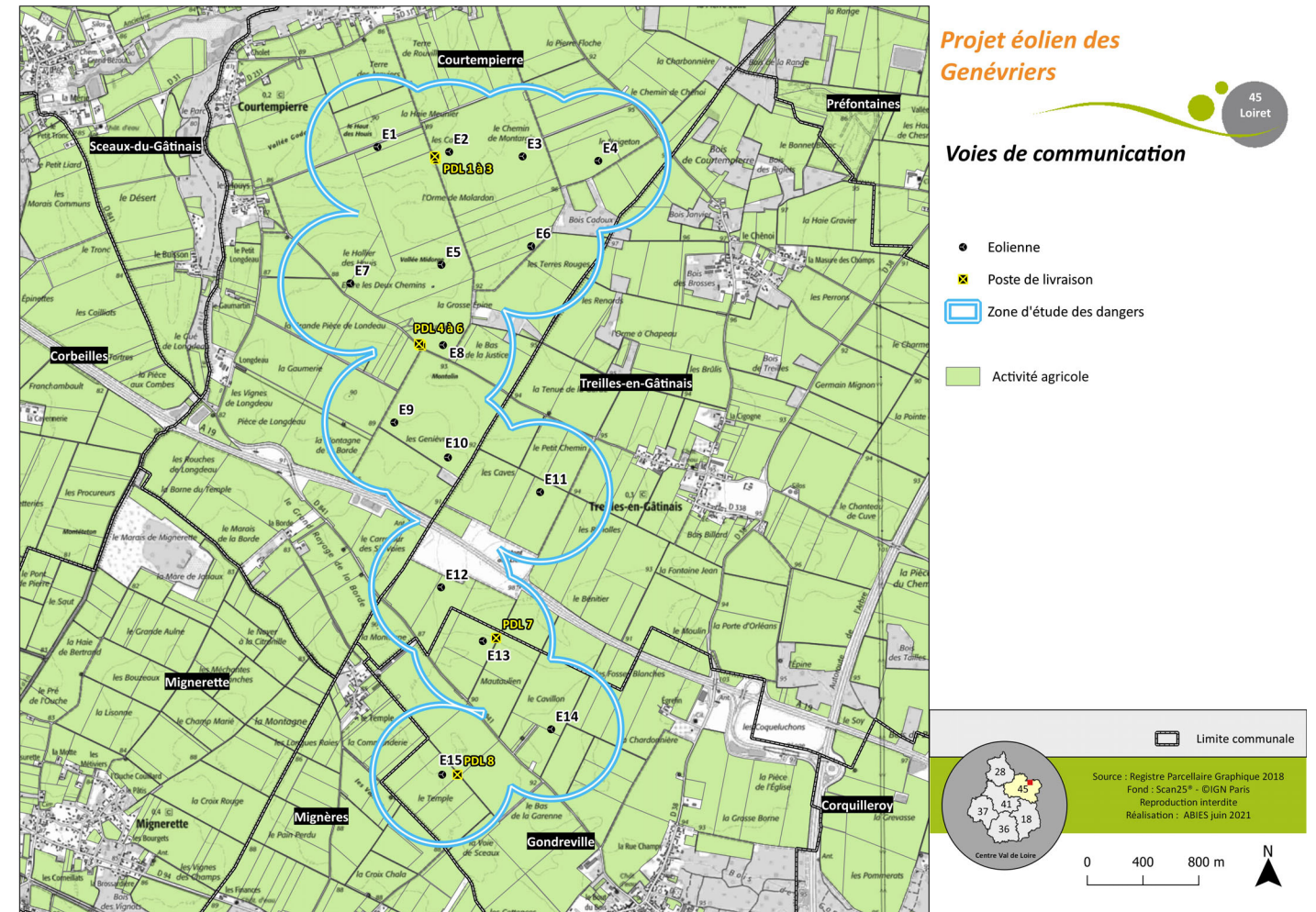
Aucun de ces axes n'est identifié comme sentier de randonnée.

À noter par ailleurs que les terrains agricoles et boisés du site sont arpentés par les chasseurs.

Les principaux usagers du site sont donc :

- les riverains empruntant les voies de communication traversant la zone d'étude des dangers ;
- les propriétaires fonciers, les ouvriers et les exploitants des parcelles agricoles et boisées concernées ;
- les chasseurs locaux.

Ainsi, les différentes occupations du sol et équipements identifiés sur le site d'étude sont associés à la présence d'individus (agriculteurs, chasseurs, promeneurs). Ils constituent donc des enjeux à protéger en cas d'accident survenant sur le parc. Les activités recensées ne sont par contre pas de nature à représenter un risque pour l'installation.



Carte 4 : activité et usages pratiqués sur la zone d'étude des dangers

3.1.5 Risques technologiques

Les risques technologiques peuvent constituer des agresseurs potentiels pour les éoliennes.

La consultation du Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) du Loiret et de la base de données Géorisques met en évidence l'existence de risques majeurs technologiques sur les territoires communaux de Courtempierre, Gondreville et Treilles-en-Gâtinais en raison du risque de transports de matières dangereuses lié aux autoroutes A 19 et A 77. Seule l'A19 traverse la zone d'étude des dangers entre E11 et E12.

La distance entre l'éolienne E11 la plus proche vis-à-vis de l'A19 est suffisante pour écarter tout risque du parc éolien. En effet, celle-ci est supérieure au recul préconisé par l'article L.111-6 du Code de l'urbanisme selon lequel « en dehors des espaces urbanisés des communes, les constructions ou installations sont interdites dans une bande de cent mètres de part et d'autre de l'axe des autoroutes ». Par ailleurs, cet éloignement va même au-delà de la distance minimale imposée par la réglementation dans la mesure où l'axe autoroutier le plus proche des éoliennes correspond à l'A19 qui s'inscrit à 340 m au nord-est d'E12, soit plus de 1,7 fois la hauteur totale d'une éolienne du projet des Genévriers (200 m).

Compte tenu de l'éloignement de l'autoroute présentant un risque de transport de matières dangereuses vis-à-vis des éoliennes les plus proches, les risques technologiques ne sont pas retenus comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien des Genévriers.

3.2 Environnement naturel

3.2.1 Contexte climatique

3.2.1.1 Vents violents

Définition : sur les surfaces continentales, Météo-France qualifie comme « jours avec vent violent » ceux pour lesquels a été enregistrée au moins une rafale de vent de vitesse supérieure à 57 km/h et comme « jours avec vent tempétueux » ceux pour lesquels une rafale dépasse les 100 km/h. De manière générale, les systèmes de protection équipant les éoliennes terrestres mettent les turbines en sécurité (réduction maximale de la prise au vent des pales) lorsque les vents atteignent une vitesse proche de 90 km/h sur une durée variable selon les modèles considérés. Ainsi, et par précaution, sera considéré dans la présente étude comme “vents violents” ceux dont la vitesse dépasse 85 km/h (environ 23 m/s) à hauteur de rotor.

Les vents les plus violents peuvent être la cause de détériorations de structures en lien avec la pression d'air exercée et la potentielle mise en survitesse du rotor (agresseurs potentiels). Les principales conséquences attendues sont la chute ou le pliage de mât, la rupture de pale ou encore la casse de composants de la nacelle impliqués dans le transfert de l'énergie mécanique provenant du rotor.

Les données de vents recueillies par le mât de mesure implanté sur le site éolien depuis mars 2018 permettent à VSB Energies Nouvelles et Intervent d'avoir une connaissance fine du potentiel éolien local. Ainsi, la vitesse moyenne de vent est de 6,7 m/s à 120 m de hauteur.

Concernant les vents extrêmes, les données récoltées par la station Météo-France de Nemours, localisée à 19 km au nord du projet et représentative du climat du site d'étude, témoignent de l'existence ponctuelle de vents violents. Le tableau suivant présente :

- le nombre de jours moyens avec des rafales supérieures à 57,6 km/h (16 m/s) d'une part et à 100,8 km/h (28 m/s) d'autre part (valeurs mesurées sur la période 1991 - 2010). **Ces vitesses sont données à une hauteur de 10 m au-dessus du sol et sont à considérer comme plus importantes à hauteur de rotor**, ceci du fait de la suppression en altitude des forces de frottement du sol qui ont tendance à freiner le vent ;
- les rafales maximales de vent mesurées sur la période 1991 - 2010 (valeurs mesurées à 10 m au-dessus du sol).

Tableau 3 : Caractéristiques des vents violents (Source : Météo-France)

Vents	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Nombre de jours avec rafales ≥ 16 m/s	3,5	2,6	2,8	2,2	1,3	0,8	0,8	0,9	0,6	1,5	1,6	3,3	21,6
Nombre de jours avec rafales ≥ 28 m/s	-	0,1	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,1	0,2
Rafale maximale de vent (m/s)	25	31,5	25,3	26	24,3	23,8	27	34	23	23	23	34	34

Il apparaît à la lecture de ce tableau que la plus forte rafale de vent enregistrée atteint 34 m/s (122,4 km/h).

La rose des vents présentée ci-après illustre le potentiel éolien du site ; celui-ci est particulièrement marqué sur les secteurs nord-est et sud-ouest qui disposent des vents les plus puissants. Cette figure est issue de mesures menées sur une durée de 22 mois sur le site éolien, de mars 2018 à décembre 2019.

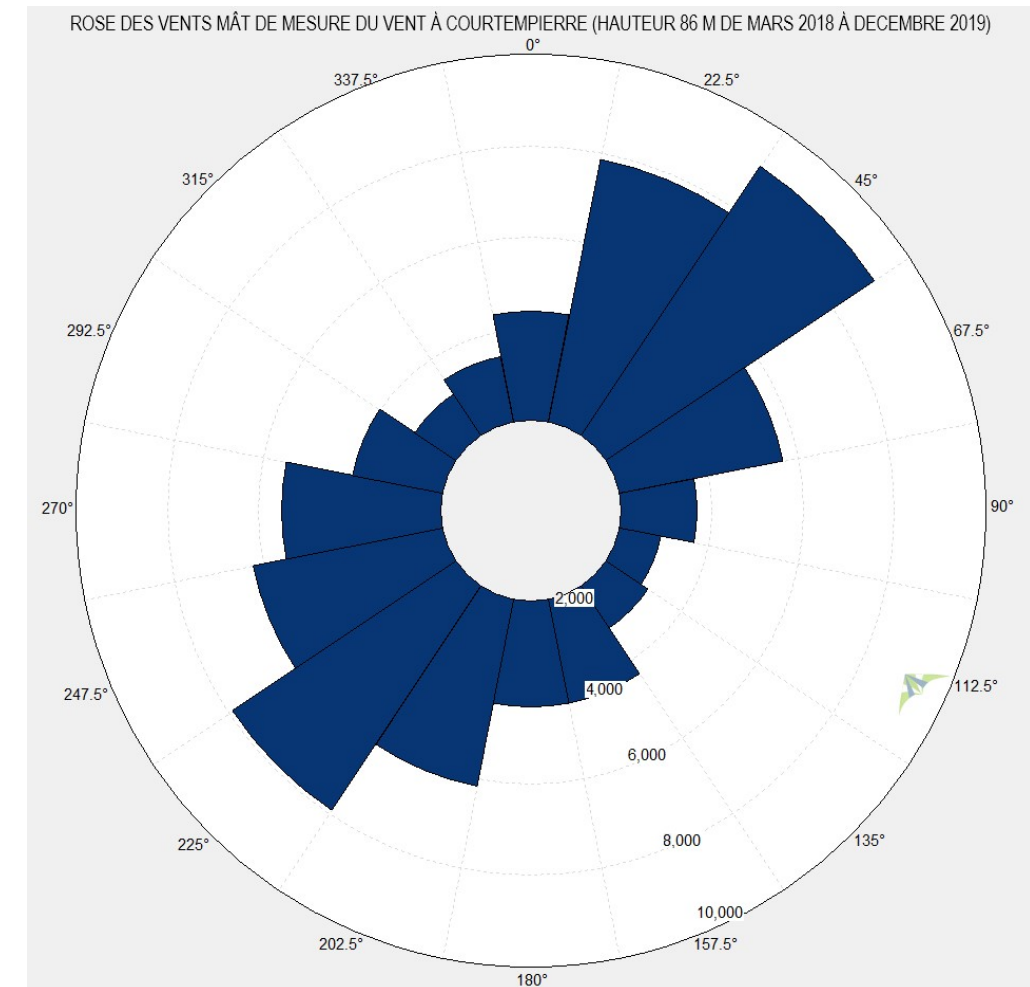


Figure 1 : Rose des vents du site des Genévriers

Compte tenu de la présence de vents pouvant souffler à des vitesses de 34 m/s (122,4 km/h) à la station de Nemours, le vent est retenu comme agresseur potentiel pour les installations du parc éolien des Genévriers.

3.2.1.2 Températures et gel

Des températures négatives couplées à des conditions climatiques humides peuvent entraîner la formation de glace sur les éoliennes, voire, dans les cas les plus extrêmes, à l'intérieur de celles-ci. En cas de formation de glace sur le rotor, le poids supplémentaire s'il est important peut entraîner une fatigue de la structure avec un risque associé de dégradation de l'ouvrage : casse d'une pale, pliage du mât en cas de déséquilibre du rotor (balourd), etc. De plus, la fonte de glace formée à l'intérieur de l'aérogénérateur pourrait entraîner des courts-circuits en cas de mise en contact avec des composants sous tension.

Le tableau suivant s'attache à présenter les données sur les températures minimales enregistrées à la station météorologique de Nemours, représentative du climat du site. Il détaille les valeurs moyennes mesurées sur la période 1990 - 2010, le nombre de jours moyens avec des températures minimales négatives (1990 - 2010) ainsi que les températures les plus basses relevées entre le 1 novembre 1990 et le 2 juillet 2020 (valeurs en °C).

Tableau 4 : Données sur les températures minimales enregistrées à la station de Nemours (Source : Météo-France)

Températures	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température minimale moyenne en °C	1,4	1,4	3,3	5,3	9	11,9	14	13,7	10,4	7,8	4,3	1,8	7,1
Nombre de jours avec température mini. < 0°C	11,9	12,0	7,8	2,7	0,1	-	-	-	-	1,8	6,0	12,2	54,3
Température la plus basse	-13,3	-13,4	-11,7	-4,3	-0,9	2	6,1	4,4	0,5	-4,7	-10,9	-12,1	-13,4

Selon les données présentées, il apparaît que les épisodes où les températures descendent en dessous de 0°C sont fréquents sur le secteur. Ils concernent principalement les mois de décembre, janvier et février mais des températures négatives - parfois extrêmes (jusqu'à -22,5 °C recensés en janvier 1985) - peuvent être relevées tout au long de l'année, hors mois de juin à juillet, août et septembre.

Au vu des éléments précités, les épisodes de gel associés à la formation de glace sont retenus comme agresseurs potentiels pour les installations du parc éolien des Genévriers.

3.2.1.3 Précipitations (pluie, neige, grêle)

Les précipitations peuvent être à l'origine de dégradations sur les éoliennes (agresseurs potentiels) :

- les pluies peuvent générer un climat humide favorable à la formation de givre par temps froid (Cf. chapitre précédent) ou de brouillard rendant les aérogénérateurs peu visibles pour les véhicules et les aéronefs circulant à proximité (risque de collision). Elles peuvent également être responsables d'inondations, avec un risque de submersion des composants électriques situés aux pieds des machines (courts-circuits), ou encore de mouvements de terrains (glissements, retrait-gonflement des argiles, etc.) ;
- la neige, si elle s'accumule sur les pales de l'aérogénérateur, peut déséquilibrer le rotor (risque de casse). Ce risque est d'autant plus marqué par temps très froid lorsque la neige accumulée se transforme en blocs denses et lourds ;
- des épisodes de grêles exceptionnels (giboulées avec chute de projectiles volumineux) sont en mesure de causer d'importants dégâts sur le revêtement des éoliennes.

3.2.1.3.1 Pluie

Le tableau suivant résume les principales données pluviométriques disponibles. Celles-ci ont été enregistrées entre 1990 et 2010 pour les hauteurs mensuelles moyennes (valeurs en millimètres) et sur la période du 1^{er} octobre 1990 au 2 août 2020 pour les hauteurs quotidiennes maximales. Elles proviennent de la station météorologique de Nemours implantée à près de 19 km au nord du site éolien et culminant à une altitude proche (73 m).

Tableau 5 : Données pluviométriques enregistrées à la station de Nemours (Source : Météo-France)

Pluviométrie	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Hauteur mensuelle moyenne en mm	53	51	48	57	59	54	57	55	58	65	66	64	687
Maxi quotidien absolu en mm	34	40	19	41	44	49	38	45	58	37	43	34	58

Chaque année, il tombe en moyenne 687 mm de pluie à Nemours (Saône-et-Loire) ; le site est donc peu arrosé en comparaison au territoire métropolitain dont la moyenne des précipitations annuelles s'élève à 889 mm. Concernant les événements exceptionnels, la pluviométrie maximale enregistrée sur 24 heures a été de 58 mm ; elle correspond à un fort épisode orageux survenu au mois de septembre 2013.

Compte tenu de l'absence de données disponibles à la station météo de Nemours sur la neige, la grêle et le brouillard, les données présentées ci-après sont extraites de la station météorologique d'Orléans, située à 54 km à l'ouest du projet de parc éolien des Genévriers.

3.2.1.3.2 Neige

Le tableau suivant fait état des données disponibles sur les épisodes neigeux à la station météorologique d'Orléans entre 1981 et 2010.

Tableau 6 : Données sur le nombre moyen de jours avec neige enregistré à la station d'Orléans (Source : Météo-France)

Neige	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Nombre moyen de jours avec neige	2,8	4,2	1,3	0,6	0,0	-	-	-	-	0,1	0,9	2,0	11,9

En moyenne chaque année, ce sont 11,9 jours de neige qui sont comptabilisés. C'est au mois de février que la neige tombe le plus.

La neige est retenue en tant qu'agresseur potentiel pour les installations du parc éolien des Genévriers.

3.2.1.3.3 Grêle

Le tableau suivant fait état des données disponibles sur la grêle à la station météorologique d'Orléans entre 1981 et 2010.

Tableau 7 : Données sur le nombre moyen de jours avec grêle enregistré à la station d'Orléans (Source : Météo-France)

Neige	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Nombre moyen de jours avec grêle	0,2	0,3	0,7	0,6	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	2,7

En moyenne chaque année, ce sont 2,7 jours de grêle qui sont comptabilisés. Le mois de mars est le plus concerné par la grêle (0,7 jour).

La grêle est retenue comme agresseur potentiel pour les installations du parc éolien des Genévriers.

3.2.1.4 Brouillard

Le tableau suivant fait état des données disponibles sur le brouillard à la station météorologique d'Orléans entre 1981 et 2010.

Tableau 8 : Données sur le nombre moyen de jours avec grêle enregistré à la station d'Orléans (Source : Météo-France)

Neige	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Nombre moyen de jours avec brouillard	7,6	5,4	3,9	1,9	1,8	1,5	1,0	2,1	2,9	6,1	8,1	8,2	50,6

En moyenne chaque année, ce sont 50,6 jours de brouillard qui sont comptabilisés. Les mois de novembre, décembre et janvier sont les plus concernés par le brouillard (respectivement 8,1, 8,2 et 7,6 jour de brouillard).

Le brouillard est retenu comme agresseur potentiel pour les installations du parc éolien des Genévriers.

3.2.2 Risques naturels

Les risques naturels peuvent constituer des agresseurs potentiels pour les éoliennes.

3.2.2.1 Séismes

Compte tenu de leur forme, de leur masse (plusieurs centaines de tonnes) et de la répartition de cette masse (présence du complexe nacelle + rotor en partie sommitale), les éoliennes sont des installations vulnérables aux séismes. Un tremblement de terre pourrait en effet conduire à l'effondrement total ou partiel de l'aérogénérateur.

La France dispose d'un zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes¹ :

- une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible) ;
- quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

Les communes de Courtempierre, Gondreville, Treilles-en-Gâtinais et Mignères se situent en zone de sismicité très faible (zone 1). D'un point de vue réglementaire, les aérogénérateurs ne sont soumis à aucune règle de construction parasismique ; seuls les postes de livraison d'un parc éolien, classés parmi les bâtiments à "risque normal" de "catégorie d'importance III" y sont soumis, dès lors qu'ils délivrent une puissance totale excédant le seuil de 40 MW² et qu'ils sont situés en zone de sismicité 2, 3, 4 et 5, ce qui n'est pas le cas du projet de parc éolien des Génévriers.

Compte tenu de l'enjeu très faible qu'il représente, le risque sismique n'est pas retenu comme agresseur potentiel pour le parc éolien des Génévriers.

3.2.2.2 Mouvements de terrains

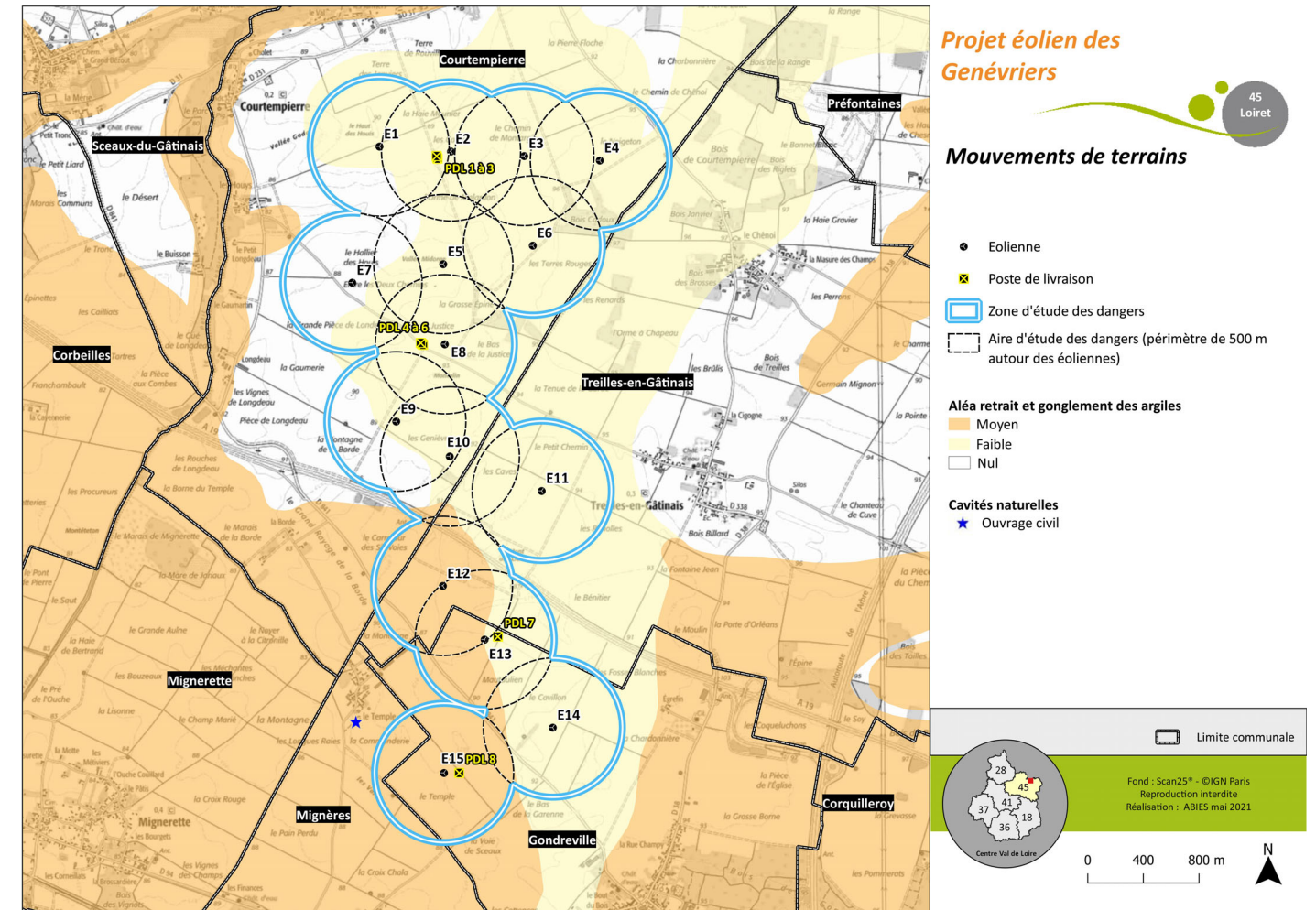
Le risque de mouvement de terrain peut être à l'origine d'une chute d'éolienne en lien avec la déstabilisation de sa fondation. Des études géotechniques sont classiquement réalisées avant la construction d'un parc éolien pour s'assurer du bon dimensionnement des fondations au regard des risques identifiés.

Le terme mouvement de terrain regroupe plusieurs types de phénomènes bien différents : les affaissements, les effondrements, les éboulements, les chutes de pierres et de blocs, les glissements de terrain, le retrait-gonflement des sols argileux, etc. Ces mouvements plus ou moins rapides du sol et de sous-sol interviennent sous l'effet de facteurs naturels divers comme de fortes précipitations, une alternance de gel et dégel, des températures très élevées ou sous l'effet d'activités humaines touchant aux terrains comme le déboisement, l'exploitation de matériaux ou les travaux de terrassement.

Au regard des informations disponibles dans le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) du Loiret, et dans la base de données en ligne Géorisques, les territoires communaux de Courtempierre et de Mignères sont concernés par le risque de mouvements de terrains :

- sur la commune de Mignères, un ouvrage civil et une cavité naturelle sont recensés. Ces cavités se situent respectivement à 720 m au nord-ouest de l'éolienne la plus proche (E15) et à 2,2 km au sud de celle-ci. La zone d'étude des dangers n'est pour sa part concernée par aucune cavité naturelle ;
- l'ensemble des communes concernées par la zone d'étude des dangers sont sujettes au retrait et gonflement des argiles. Le niveau d'aléa est variable au sein du territoire couvert (nul à modéré).

¹ Cf. articles R.563-1 à R.563-8 du code de l'environnement modifiés par les décrets n°2010-1254 du 22 octobre 2010 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010, ainsi que par l'Arrêté du 22 octobre 2010
² Arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal"



Carte 5 : L'aléa retrait-gonflement des argiles au droit de la zone d'étude des dangers

Le risque de mouvements de terrains est retenu comme agresseur potentiel pour les installations du parc éolien des Génévriers, en particulier au regard de l'aléa retrait et gonflement des argiles.

3.2.2.3 Foudre

Une éolienne étant par définition une construction d'une hauteur importante érigée sur une surface dégagée, la possibilité d'un foudroiement n'est pas à exclure au cours de son utilisation.

Les dangers liés à la foudre sont :

- les effets thermiques pouvant être à l'origine :
 - d'un incendie ou d'une explosion, soit au point d'impact, soit par l'énergie véhiculée par les courants de circulation conduits ou induits ;
 - de dommages aux structures et construction ;
- les perturbations électromagnétiques pouvant endommager les équipements électroniques, en particulier les équipements de contrôle commande et/ou de sécurité ;
- les effets électriques pouvant induire des différences de potentiel.

La foudre étant susceptible de frapper en tout point du territoire national, elle est retenue en tant qu'agresseur potentiel pour les installations du parc éolien des Genévriers.

3.2.2.4 Tempêtes

Lors d'épisodes de fortes tempêtes, la combinaison de vents puissants et des précipitations (pluie ou grêle) peut entraîner d'importants dégâts sur les éoliennes. Ces derniers ont été évoqués dans les chapitres précédents traitant des vents violents et des précipitations : casse sur le rotor, pliage du mât, dégâts sur le revêtement des machines, etc.

Selon le DDRM du Loiret, les territoires de Courtempierre, Treilles-en-Gâtinais, Mignères et Gondreville sont concernés par les risques climatiques majeurs.

Ainsi, compte tenu de la présence d'un risque identifié, les tempêtes sont retenues comme agresseur potentiel pour les installations du parc éolien des Genévriers

3.2.2.5 Feux de forêts

La propagation d'un feu de forêt jusqu'à une installation éolienne pourrait causer d'importants dégâts allant jusqu'à la destruction totale des équipements.

La consultation du Dossier Départemental des Risques Majeurs du Loiret ainsi que de la base de données en ligne Géorisques met en évidence l'absence de risque de feu de forêt sur les communes de Gondreville, Treilles-en-Gâtinais, Courtempierre et Mignères. Ce risque n'est donc pas identifié à l'échelle du périmètre d'étude qui se développe par ailleurs sur des terrains agricoles.

Le risque de feux de forêts n'est pas retenu comme agresseur potentiel pour les installations du parc éolien des Genévriers.

3.2.2.6 Inondations

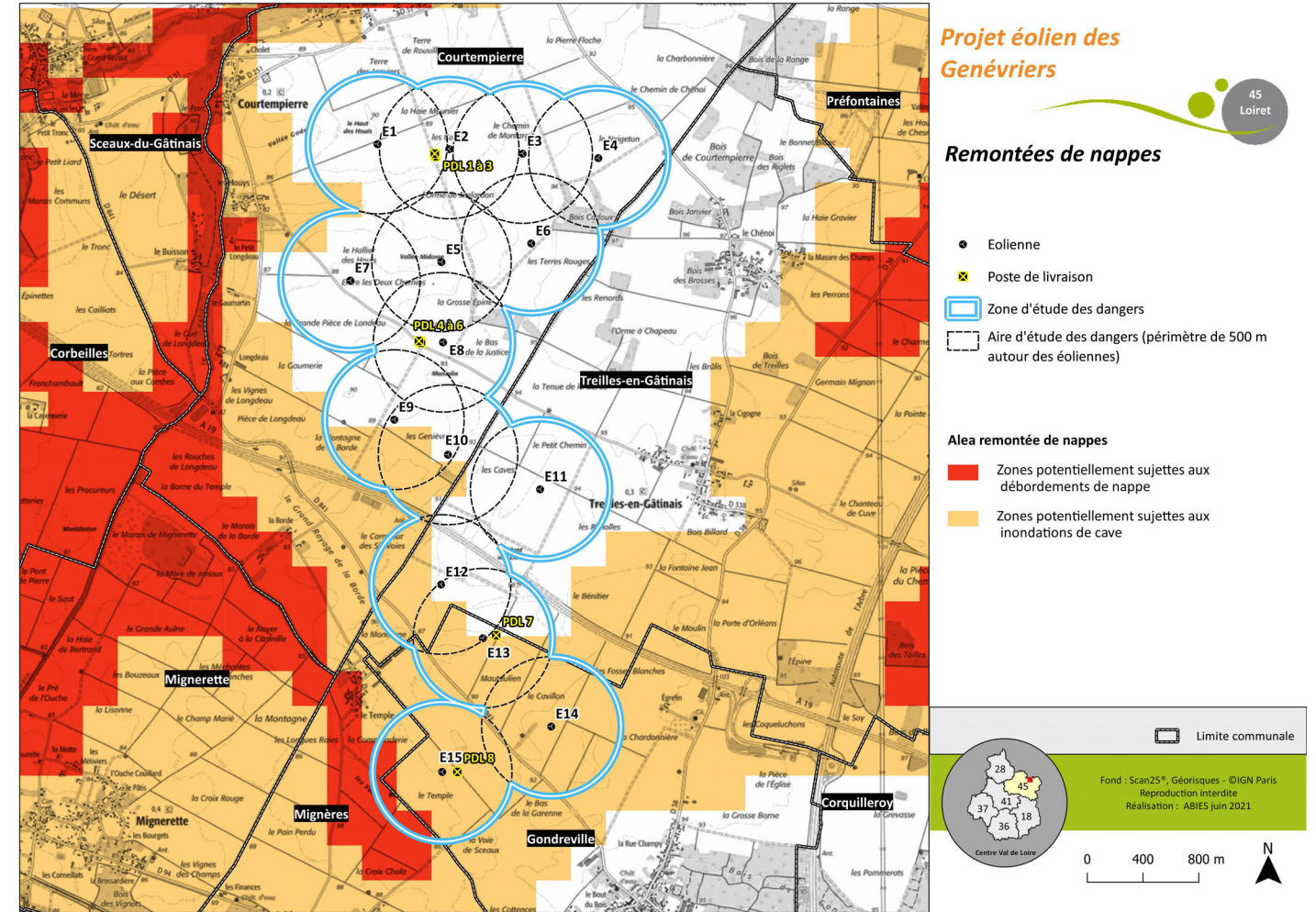
En cas d'inondation, une détérioration des installations électriques d'un parc éolien voire la déstabilisation des fondations en lien avec le travail du sol ou avec la pression exercée par la remontée d'une masse d'eau souterraine peuvent survenir.

3.2.2.6.1 Phénomène de crue

La zone d'étude des dangers se situe à plusieurs kilomètres de la zone sensible aux inondations la plus proche. Elle n'est soumise à aucune réglementation spécifique concernant cet aléa.

3.2.2.6.2 Remontée de nappes

La base de données Géorisques a été consultée afin de vérifier s'il existait un aléa remontée de nappes sur la zone d'étude des dangers du projet de parc éolien des Genévriers.



Selon les secteurs considérés, ce périmètre se situe en zones :

- non soumises aux débordements de nappes ni aux inondations de caves (majorité du territoire) ;
- potentiellement sujettes aux inondations de caves (nord-est et moitié ouest) ;
- potentiellement sujettes aux débordements de nappes (moitié ouest).

Globalement, les éoliennes restent peu concernées par l'aléa remontée de nappes. En effet, les éoliennes E1 à E12 sont situées en dehors des terrains potentiellement sujets aux remontées de nappes et aux inondations de caves: Toutefois, les éoliennes E13 à E15 sont localisées sur des zones sujettes à inondation de cave

Le risque d'inondation par crue n'est pas retenu comme agresseur potentiel pour les installations du parc éolien des Genévriers tandis que le risque inhérent à l'aléa remontée de nappes est considéré.

3.3 Environnement matériel

3.3.1 Voies de communication

Autoroutes, routes nationales et départementales

Une seule voie structurante (trafic supérieur à 2000 véhicules par jour) traverse la zone d'étude de dangers : il s'agit de l'A19 évoluant entre E11 et E12. Elle traverse la zone d'étude des dangers sur 1,1 km.

En 2019, à l'ouest de l'échangeur, le trafic routier journalier moyen était de 9 290 véhicules, dont 13,6 % de poids lourds. L'éolienne la plus proche de l'autoroute A19 (E12) est située à 340 m de celle-ci.

Une seule départementale est recensée sur la zone d'étude des dangers, à savoir la D841. Elle traverse la zone d'étude des dangers sur 2 km.

En 2019, entre Courtempierre et Gondreville, le trafic routier journalier moyen était de 386 véhicules, dont 3,6 % de poids lourds. Il s'agit d'une voie non structurante (trafic inférieur à 2000 véhicules par jour). L'éolienne la plus proche (E14) s'inscrit à 320 m de cette route.

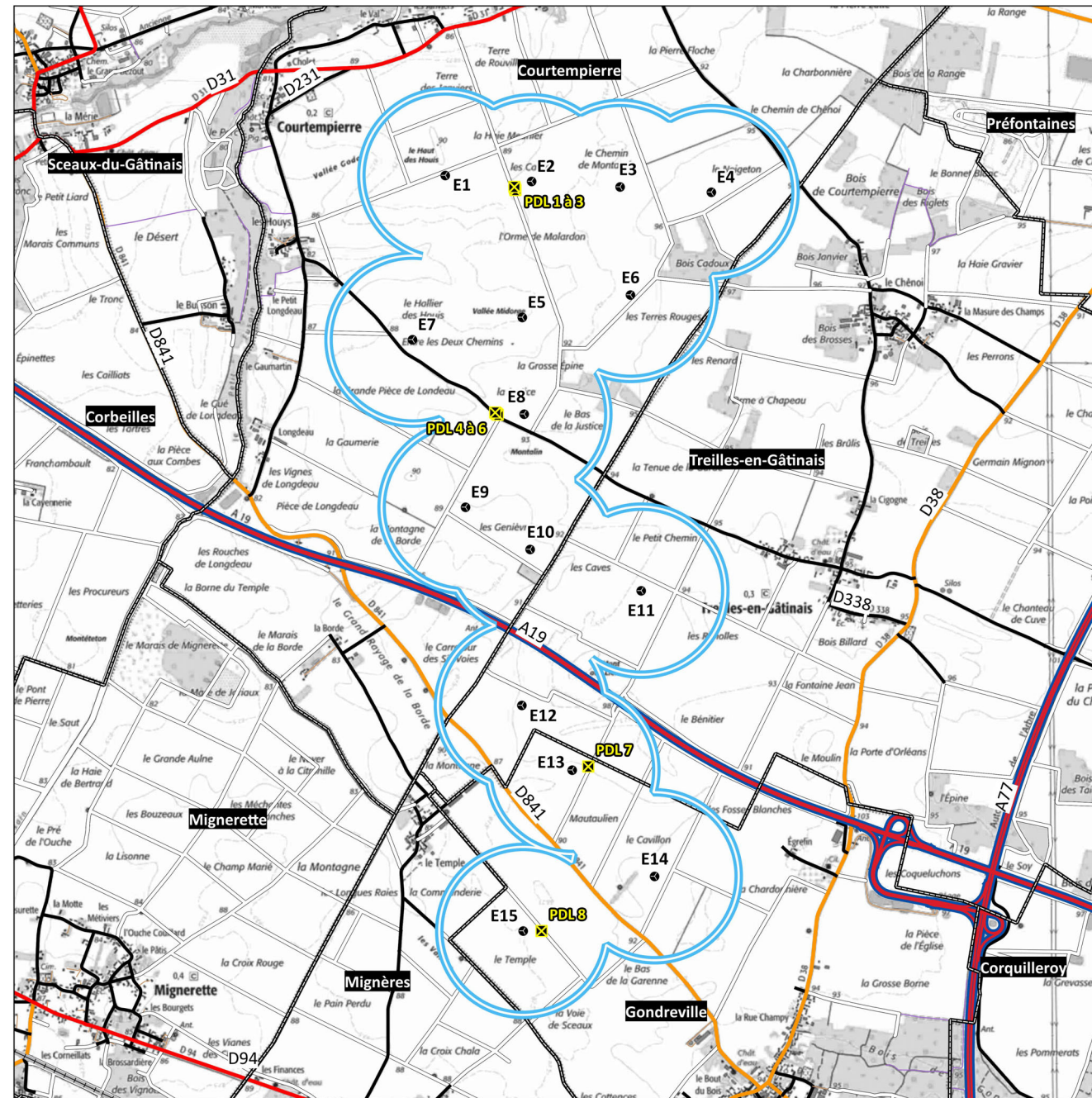
Autres routes

La zone d'étude des dangers est concernée par un maillage de pistes et chemins. Il s'agit de voies non structurantes en ce sens qu'elles sont essentiellement liées à la desserte des parcelles agricoles (Cf. carte suivante). Plusieurs de ces axes se situent à moins de 200 m des aérogénérateurs.

Conformément aux dispositions du chapitre 7.3.1 du présent dossier, les voies de circulation implantées à moins de 200 m d'une éolienne constituent « un agresseur potentiel ». Compte tenu de la distance minimale séparant ces voies des aérogénérateurs les plus proches (81,5 m entre la voie communale n°1 reliant le village de Treilles-en-Gâtinais du hameau « les Houys » et les éoliennes E7 et E8), le risque de collision d'une tour d'éolienne suite à une sortie de route est retenu.

Autres infrastructures de transport

Aucune voie ferrée ou canal navigable n'est présent à l'intérieur de la zone d'étude des dangers.



Projet éolien des Génévriers

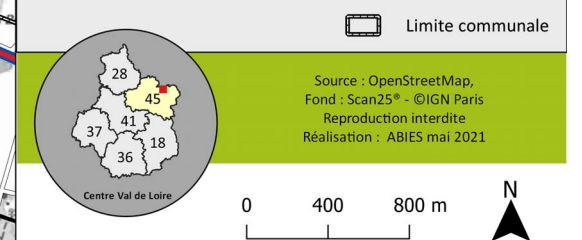
45 Loiret

Voies de communication

- Eolienne
- ✕ Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

Voie de communication

- Autoroute
- Axe principal
- Axe secondaire
- Desserte locale
- Pistes et chemin



Carte 6 : Voies de communication identifiées au droit de la zone d'étude des dangers

Les voies de communication de la zone d'étude constituent un enjeu à protéger compte tenu de la présence d'utilisateurs sur ces infrastructures. Celles distantes de moins de 200 m d'une éolienne sont également retenues comme agresseurs potentiels pour les installations du parc éolien des Génévriers) et du risque de collision par un véhicule en cas de sortie de route.

3.3.2 Circulation aérienne

L'annexe 4 de l'arrêté du 10 mai 2000 établit une liste d'événements externes susceptibles de conduire à des accidents majeurs pouvant ne pas être pris en compte dans l'étude de dangers en l'absence de règles ou instructions spécifiques et notamment en cas chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome, c'est-à-dire à plus de 2000 mètres de tout point des pistes de décollage et d'atterrissage.

Dans le cadre de la réalisation de la présente étude de dangers, les services de l'Armée de l'air et de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) ont été consultés afin d'identifier les servitudes potentiellement présentes sur le territoire de la zone d'étude des dangers. Au regard de leurs réponses, il apparaît que **le périmètre d'étude n'est grevé d'aucune servitude radar ou aéronautique** en lien avec les activités de ces organismes.

Par ailleurs, la carte OACI-VFR et la donnée « Aéroports et aérodromes » toutes deux disponibles sur le site Géoportail de l'IGN indiquent que l'aérodrome le plus proche est celui de « Montargis-Vimory », situé à 9,75 km au sud. Dès lors, **la présence d'aéronefs à proximité des machines est donc exclue.**

L'activité aéronautique n'est pas retenue comme agresseur potentiel ou enjeu à protéger pour le parc éolien des Genévriers.

3.3.3 Réseaux et canalisations

La consultation des sociétés GRTgaz et Réseau de Transport d'Électricité (RTE) ainsi que de la Cartographie interactive des canalisations de transport en France (Application Cartélie) a permis de mettre en évidence l'absence d'infrastructures réseaux et canalisations susceptibles de représenter une source de danger potentiel pour le présent projet.

Seule une ligne aérienne moyenne tension gérée par ENEDIS est recensée à 171 m de l'éolienne E14. Etant située en dehors de la zone de balayage du rotor, elle ne constitue pas une source potentielle de dangers.

Ainsi, les réseaux et canalisations ne sont pas retenus comme agresseurs potentiels ou intérêts à protéger pour le parc éolien des Genévriers.

3.4 Cartographie de synthèse

L'analyse de l'environnement de la zone d'étude des dangers a permis de définir :

- **les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels) :**

Tableau 9 : Potentiels de dangers retenus pour l'analyse préliminaire des risques pour le parc éolien des Genévriers

	Potentiel de dangers	Principaux phénomènes dangereux associés	
Environnement humain	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et Installations Nucléaires de Base (INB)	Casse sur le rotor, chute d'éolienne, dégâts sur le revêtement, incendie	Non retenu
	Risques technologiques	Casse sur le rotor, chute d'éolienne, dégâts sur le revêtement, incendie	Non retenu

Environnement naturel	Vents violents	Casse sur le rotor, chute de l'éolienne	Retenu
	Températures et gel	Casse sur le rotor, pliage du mât	Retenu
	Précipitations (pluie, neige, gel)	Casse sur le rotor, chute d'éolienne, dégâts sur le revêtement, courts-circuits et incendie	Retenu
	Brouillard	Collision de véhicules (voitures, aéronefs) et chute d'éléments	Retenu
	Séisme	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Mouvements de terrains	Chute de l'éolienne	Retenu
	Foudre	Projection et chute d'éléments, incendie	Retenu
	Tempêtes	Casse sur le rotor, chute d'éolienne, dégâts sur le revêtement, courts-circuits et incendie	Retenu
	Feux de forêts	Incendie des équipements	Non retenu
	Inondations	Chute de l'éolienne, courts-circuits	Non retenu

Environnement matériel	Voies de communication	Collision avec une éolienne et chute d'éléments	Retenu
	Circulation aérienne	Collision avec une éolienne et chute d'éléments	Non retenu
	Réseaux et canalisations	Incendie/Chute d'une éolienne	Non retenu

Les principaux intérêts à protéger ou enjeux :

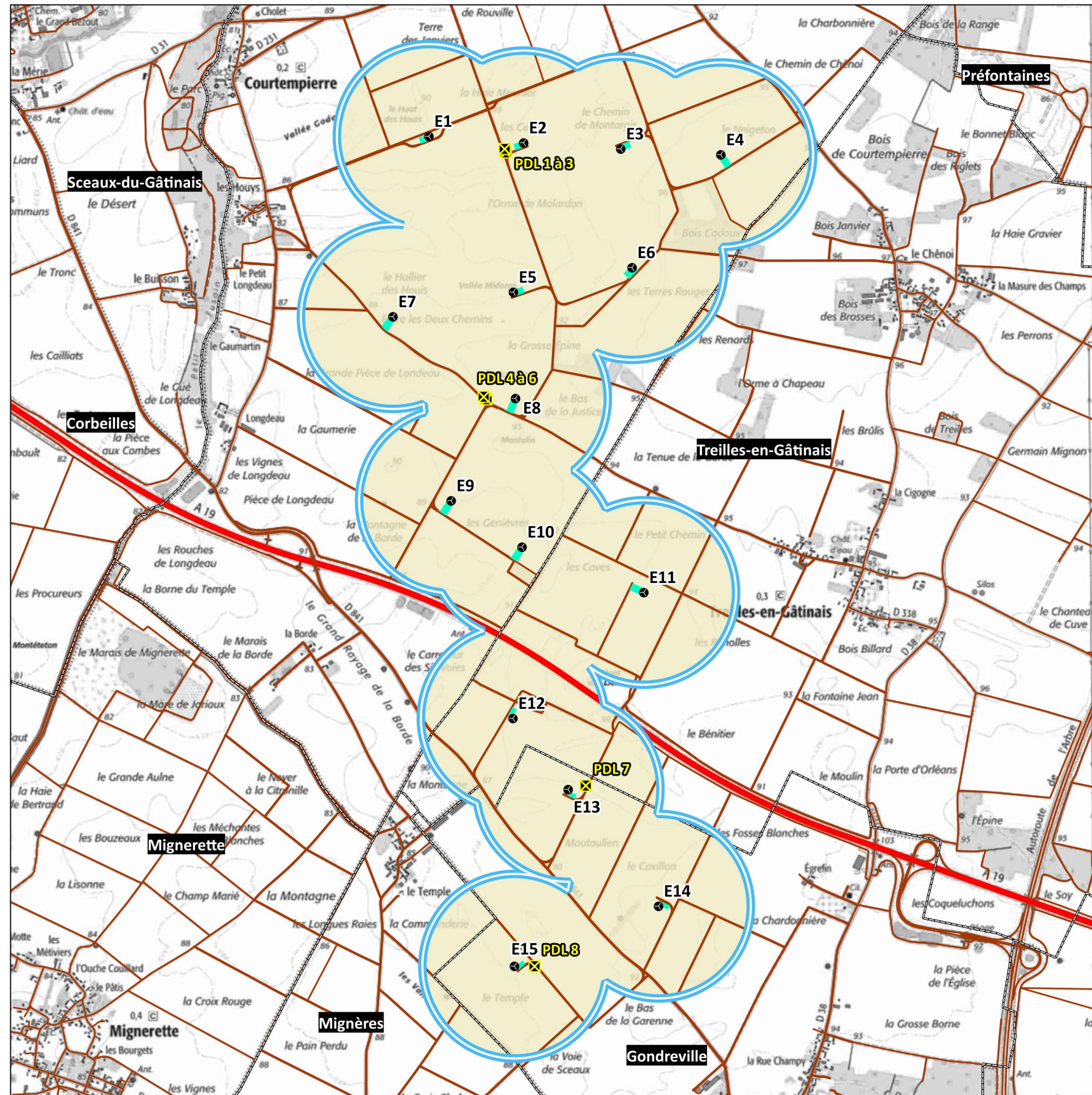
- **les terrains non aménagés et très peu fréquentés** incluant champs, prairies, forêts ou friches. Ils sont utilisés par les propriétaires fonciers, les ouvriers et les exploitants des parcelles concernées ainsi que par les chasseurs ;
- **les voies de communication** traversant la zone d'étude des dangers : Autoroute A19, D841, réseau de routes et chemins locaux, sentiers. Ces axes sont empruntés par les usagers de la route (automobilistes, motards, conducteurs de camions, cyclistes, quads, etc.). À noter que les emprises carrossables aménagées dans le cadre du projet, à savoir les pistes d'accès aux éoliennes ainsi que les plateformes de maintenance, seront également considérées comme des voies de communication ;

En se basant sur la méthode de comptage des personnes exposées, nous retiendrons :

- sur les terrains non aménagés et très peu fréquentés : une exposition d'une personne permanente pour 100 ha ;
- sur les terrains aménagés mais peu fréquentés : une exposition d'une personne permanente pour 10 ha ;
- sur les voies de communications :
 - concernant les **voies dites structurantes (TMJA³ ≥ 2000 véhicules/jour - A19)** : une exposition de 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour ;
 - concernant les **voies dites non structurantes (TMJA < 2000 véhicules/jour)** : une exposition d'une personne pour 10 ha. La largeur retenue pour ces voies sera de 5 m (valeur maximisante). À noter que les pistes d'accès du parc éolien des Genévriers auront une largeur de 4,5 m, la largeur de la D841 retenue est de 7 m.

Les cartes ci-après identifient les enjeux de la zone d'étude des dangers pour l'ensemble du parc ainsi que pour chaque éolienne.

³ TMJA = Trafic Moyen Journalier Annuel

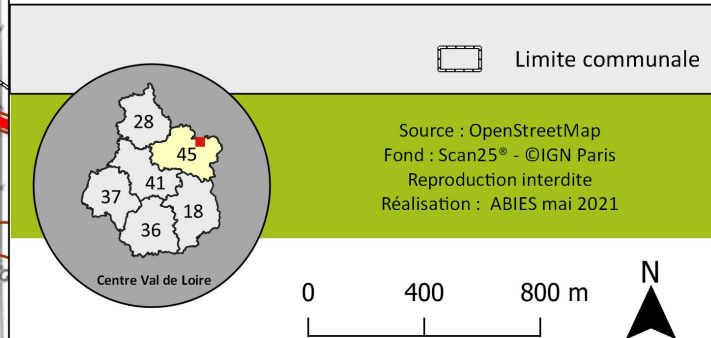


Projet éolien des Genévriers

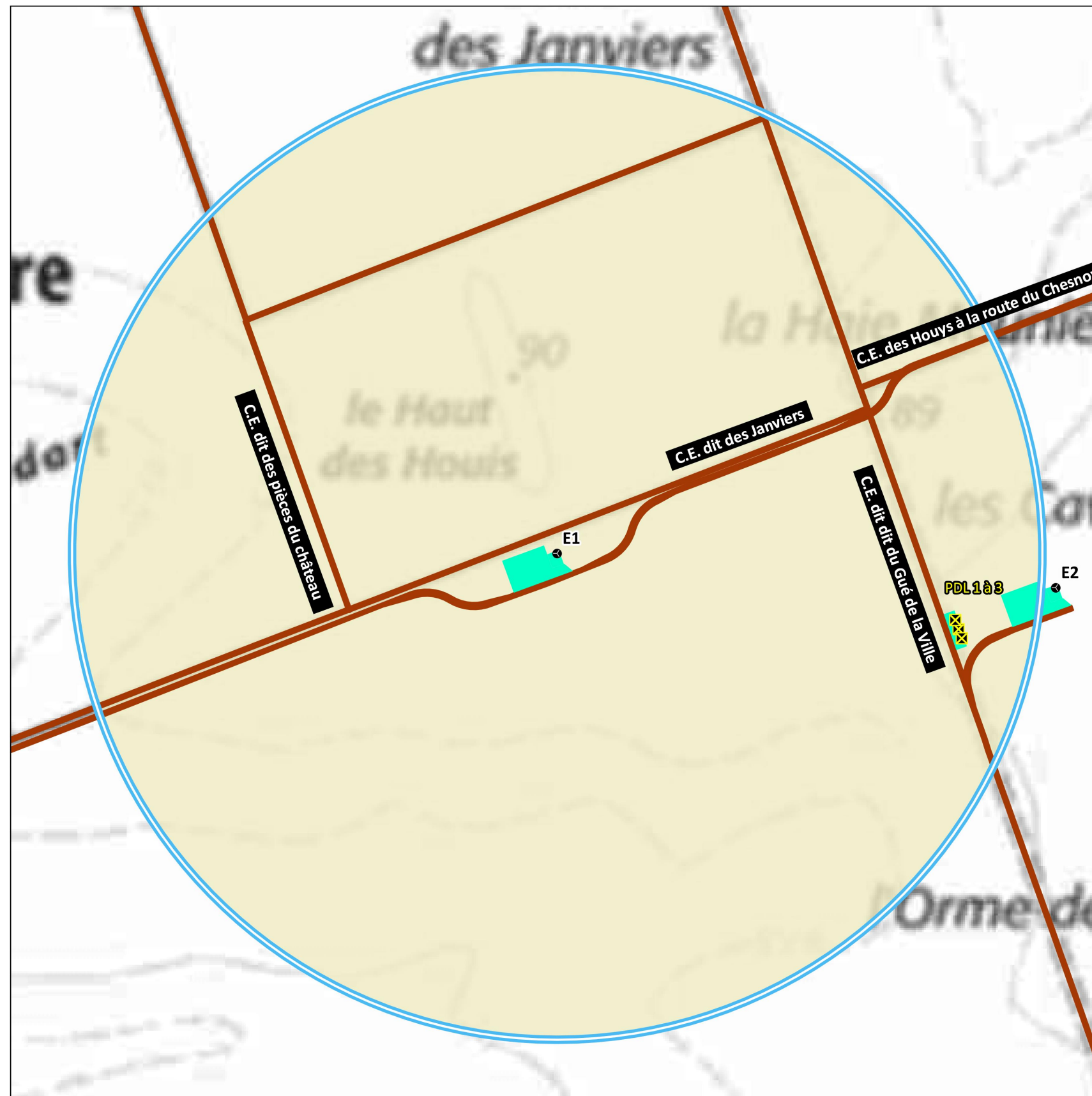
45
Loiret

Synthèse des enjeux humains

- Eolienne
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé :
1 personne pour 100 ha
- Plateforme :
1 personne pour 10 ha
- Voie structurante :
0,4 personne/km par tranche de
100 véhicules/jour
- Voie non structurante :
1 personne pour 10 ha



Carte 7 : Cartographie de synthèse des enjeux pour le projet éolien des Genévriers

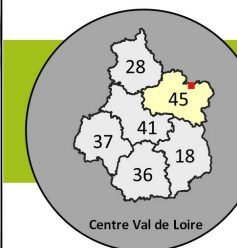


Projet éolien des Genévriers

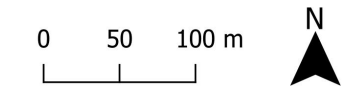
45
Loiret

Synthèse des enjeux humains - E1

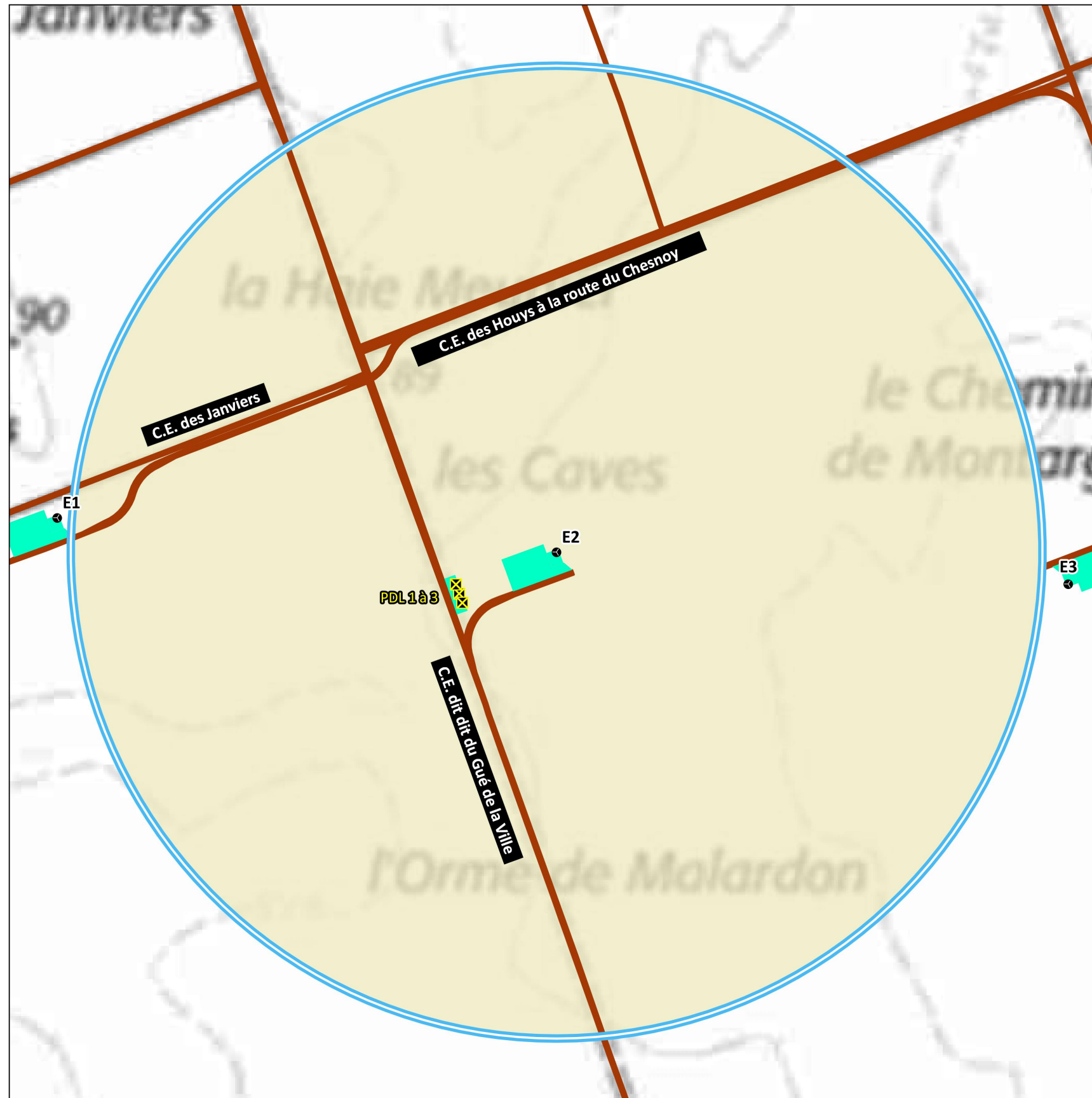
- Eolienne
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé :
1 personne pour 100 ha
- Plateforme :
1 personne pour 10 ha
- Voie non structurante :
1 personne pour 10 ha



Source : OpenStreetMap
Fond : Scan25® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES mai 2021



Carte 8 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E1

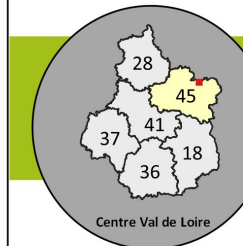


Projet éolien des Genévriers

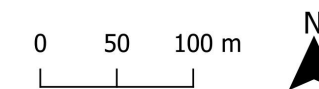
45
Loiret

Synthèse des enjeux humains - E2

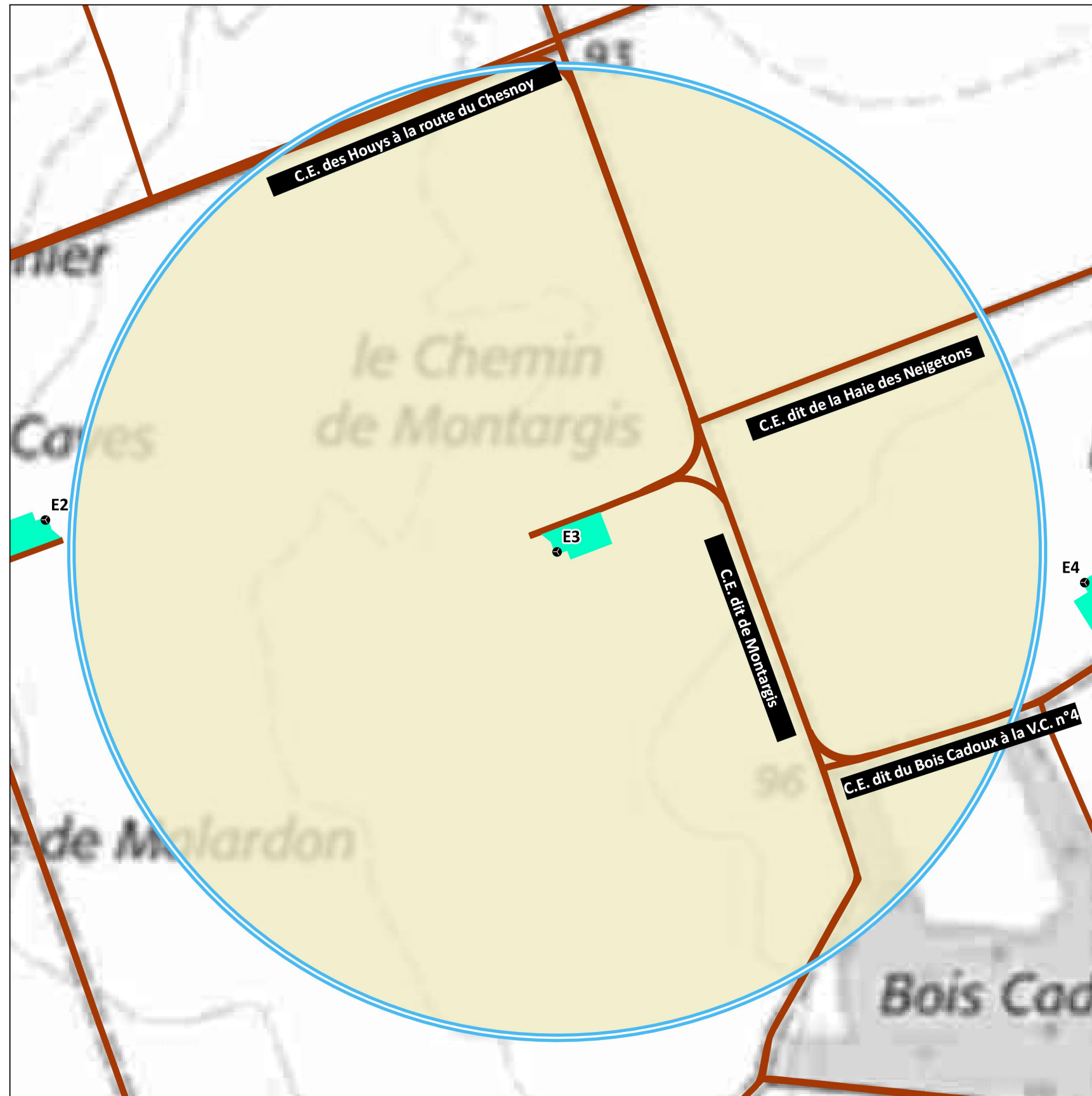
- Eolienne
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé :
1 personne pour 100 ha
- Plateforme :
1 personne pour 10 ha
- Voie non structurante :
1 personne pour 10 ha



Source : OpenStreetMap
Fond : Scan25® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES mai 2021



Carte 9 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E2

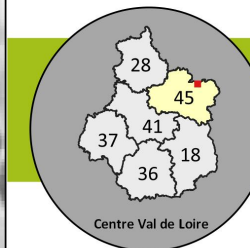


Projet éolien des Genévriers

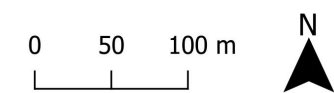


Synthèse des enjeux humains - E3

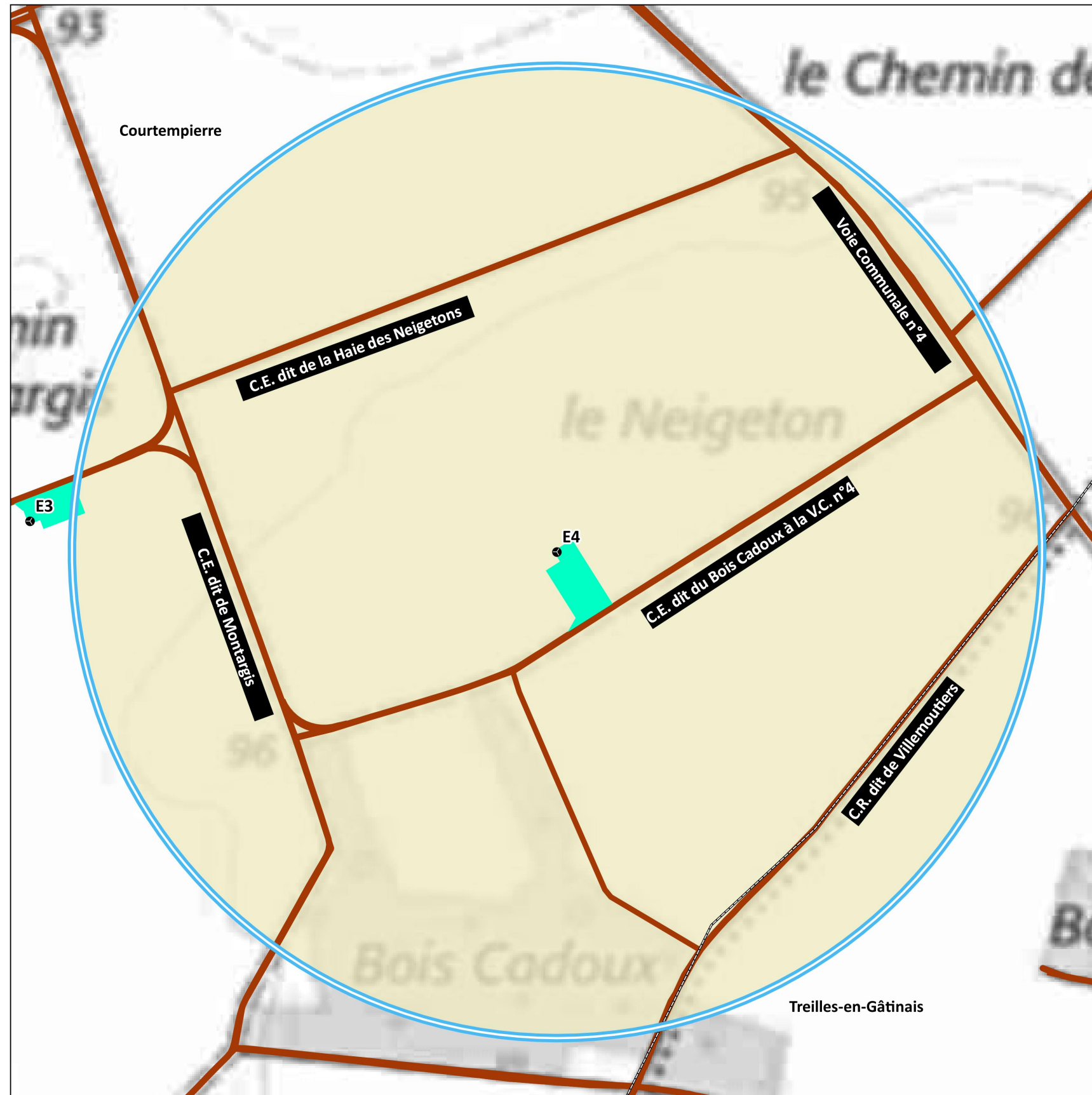
- Eolienne
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé :
1 personne pour 100 ha
- Plateforme :
1 personne pour 10 ha
- Voie non structurante :
1 personne pour 10 ha



Source : OpenStreetMap
Fond : Scan25® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES mai 2021



Carte 10 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E3

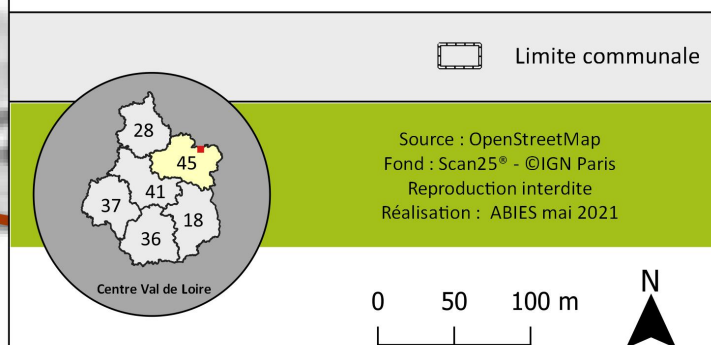


Projet éolien des Genévriers

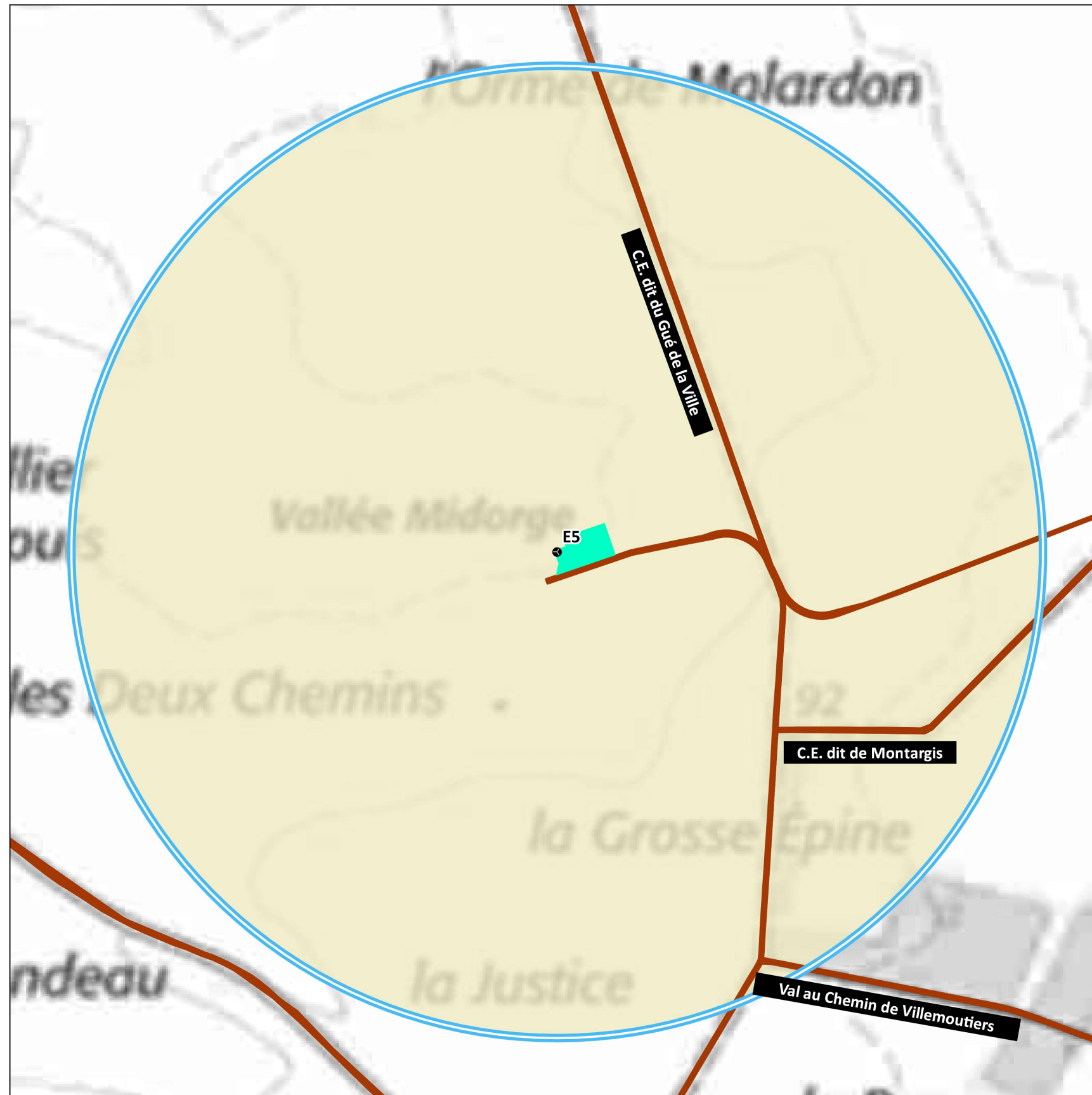
45
Loiret

Synthèse des enjeux humains - E4

- Eolienne
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé :
1 personne pour 100 ha
- Plateforme :
1 personne pour 10 ha
- Voie non structurante :
1 personne pour 10 ha



Carte 11 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E4

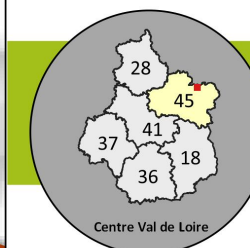


Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

Synthèse des enjeux humains - E5

- Eolienne
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé :
1 personne pour 100 ha
- Plateforme :
1 personne pour 10 ha
- Voie non structurante :
1 personne pour 10 ha



Source : OpenStreetMap
Fond : Scan25® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES mai 2021

0 50 100 m



Carte 12 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E5



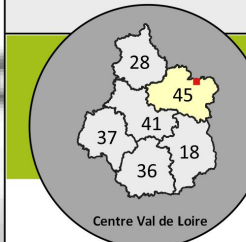
Projet éolien des Genévriers

45 Loiret

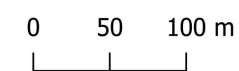
Synthèse des enjeux humains - E6

- Eolienne
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé : 1 personne pour 100 ha
- Plateforme : 1 personne pour 10 ha
- Voie non structurante : 1 personne pour 10 ha

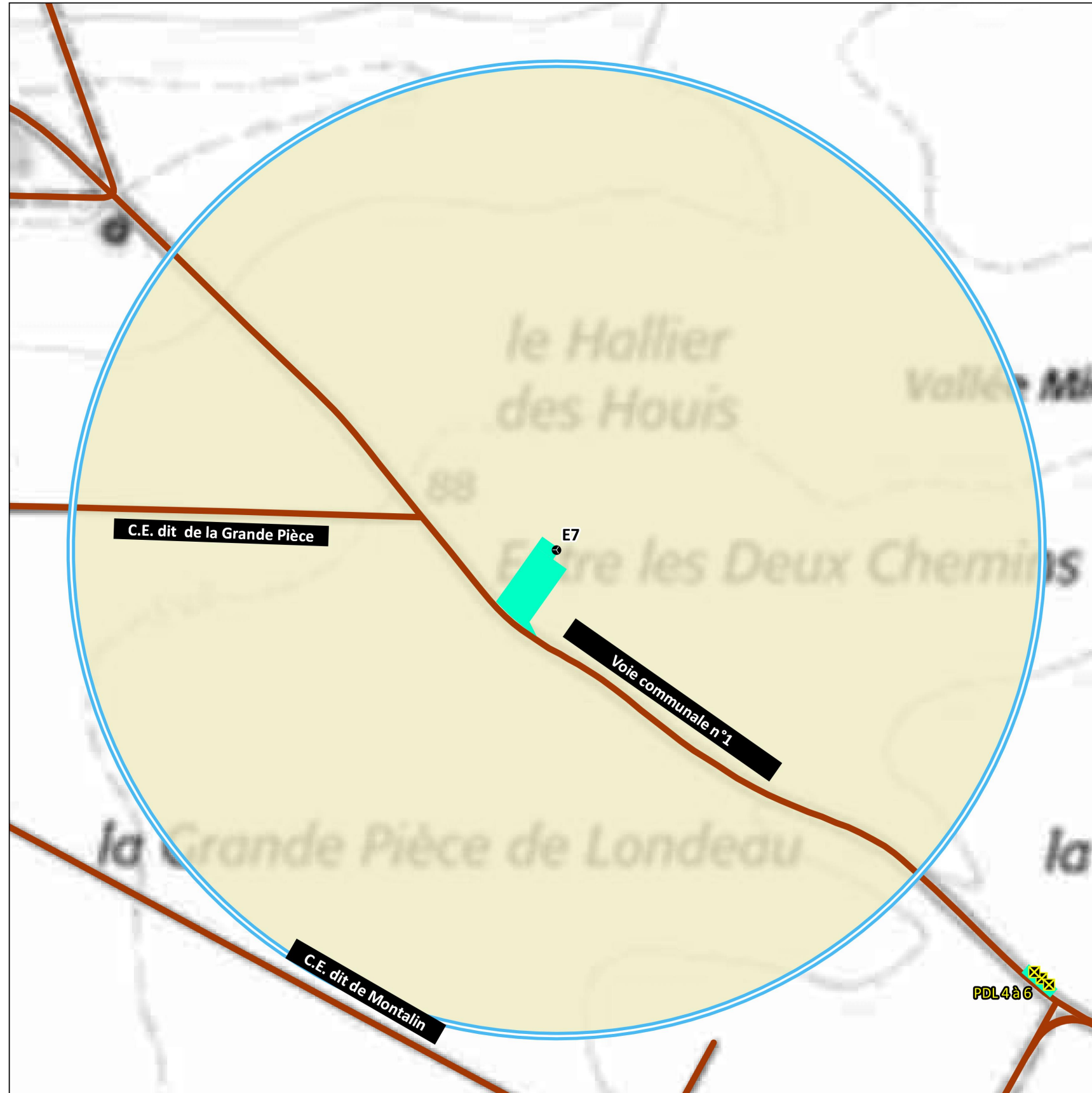
□ Limite communale



Source : OpenStreetMap
Fond : Scan25® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES mai 2021



Carte 13 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E6

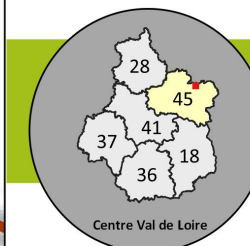


Projet éolien des Genévriers

45 Loiret

Synthèse des enjeux humains - E7

- Eolienne
- ✕ Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé : 1 personne pour 100 ha
- Plateforme : 1 personne pour 10 ha
- Voie non structurante : 1 personne pour 10 ha

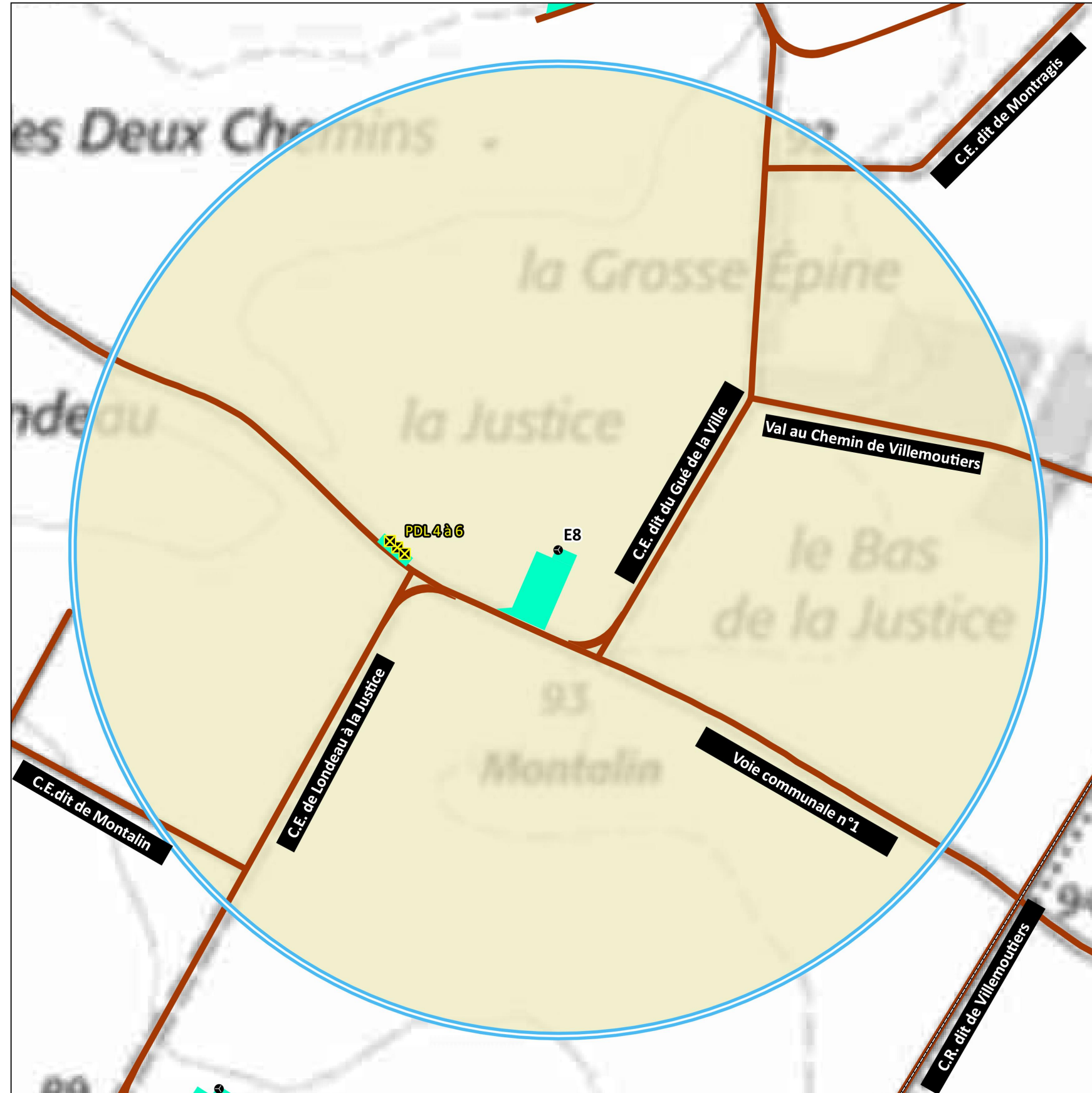


Source : OpenStreetMap
Fond : Scan25® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIÉS mai 2021

0 50 100 m



Carte 14 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E7



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

Synthèse des enjeux humains - E8

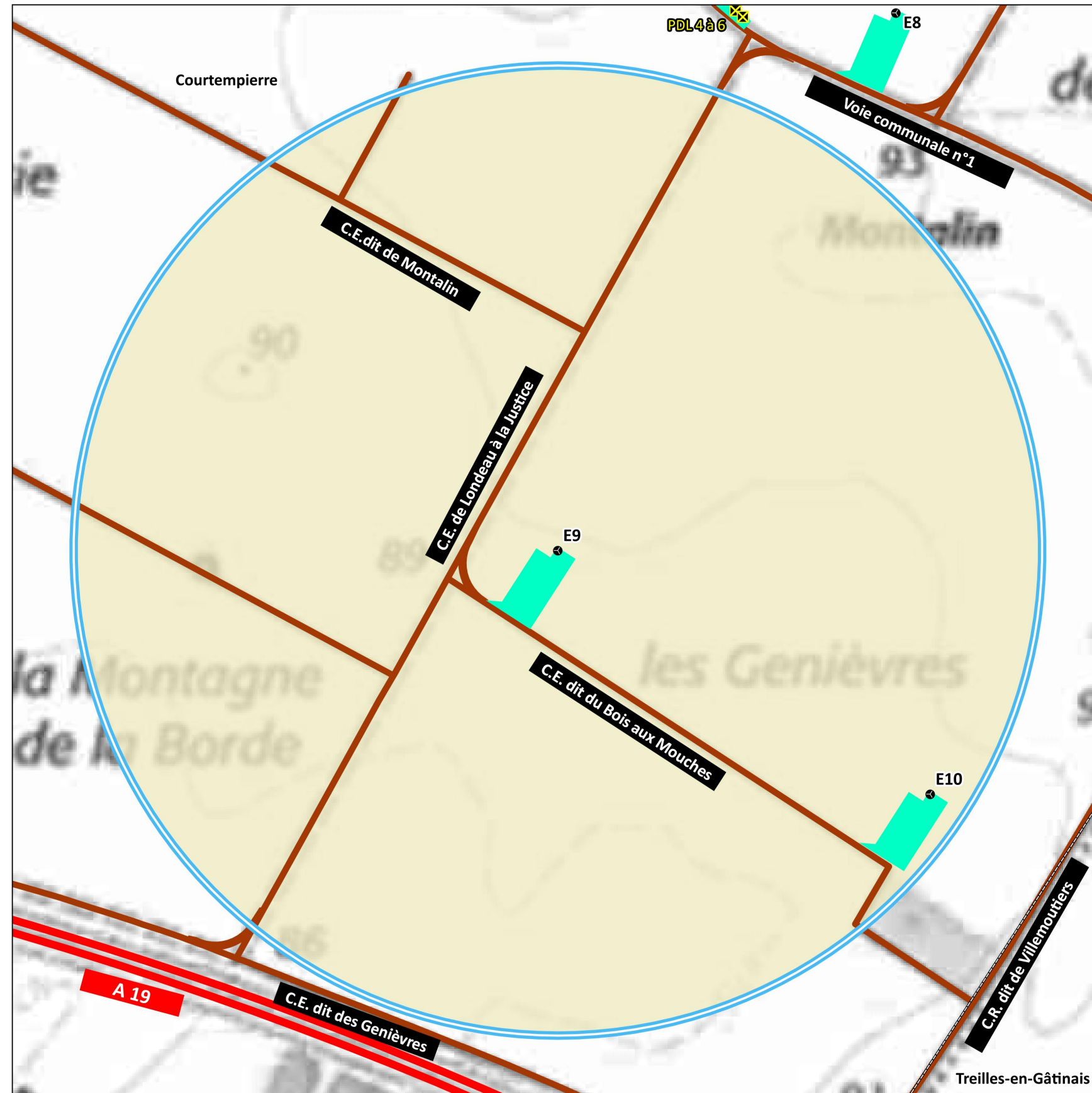
- Eolienne
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé : 1 personne pour 100 ha
- Plateforme : 1 personne pour 10 ha
- Voie non structurante : 1 personne pour 10 ha

Limite communale

Source : OpenStreetMap
Fond : Scan25® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES mai 2021

0 50 100 m

Carte 15 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E8

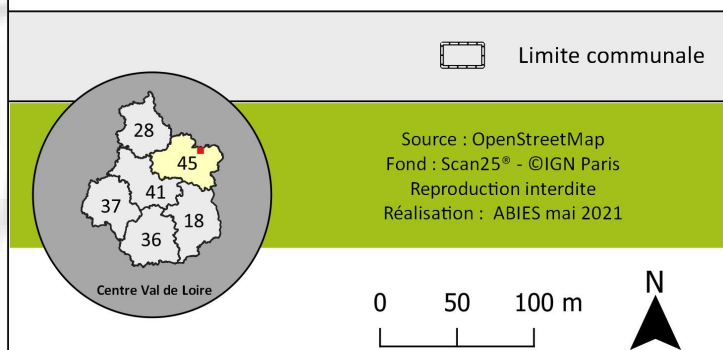


Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

Synthèse des enjeux humains - E9

- Eolienne
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé :
1 personne pour 100 ha
- Plateforme :
1 personne pour 10 ha
- Voie structurante :
0,4 personne/km par tranche de
100 véhicules/jour
- Voie non structurante :
1 personne pour 10 ha



Carte 16 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E9



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

Synthèse des enjeux humains - E10

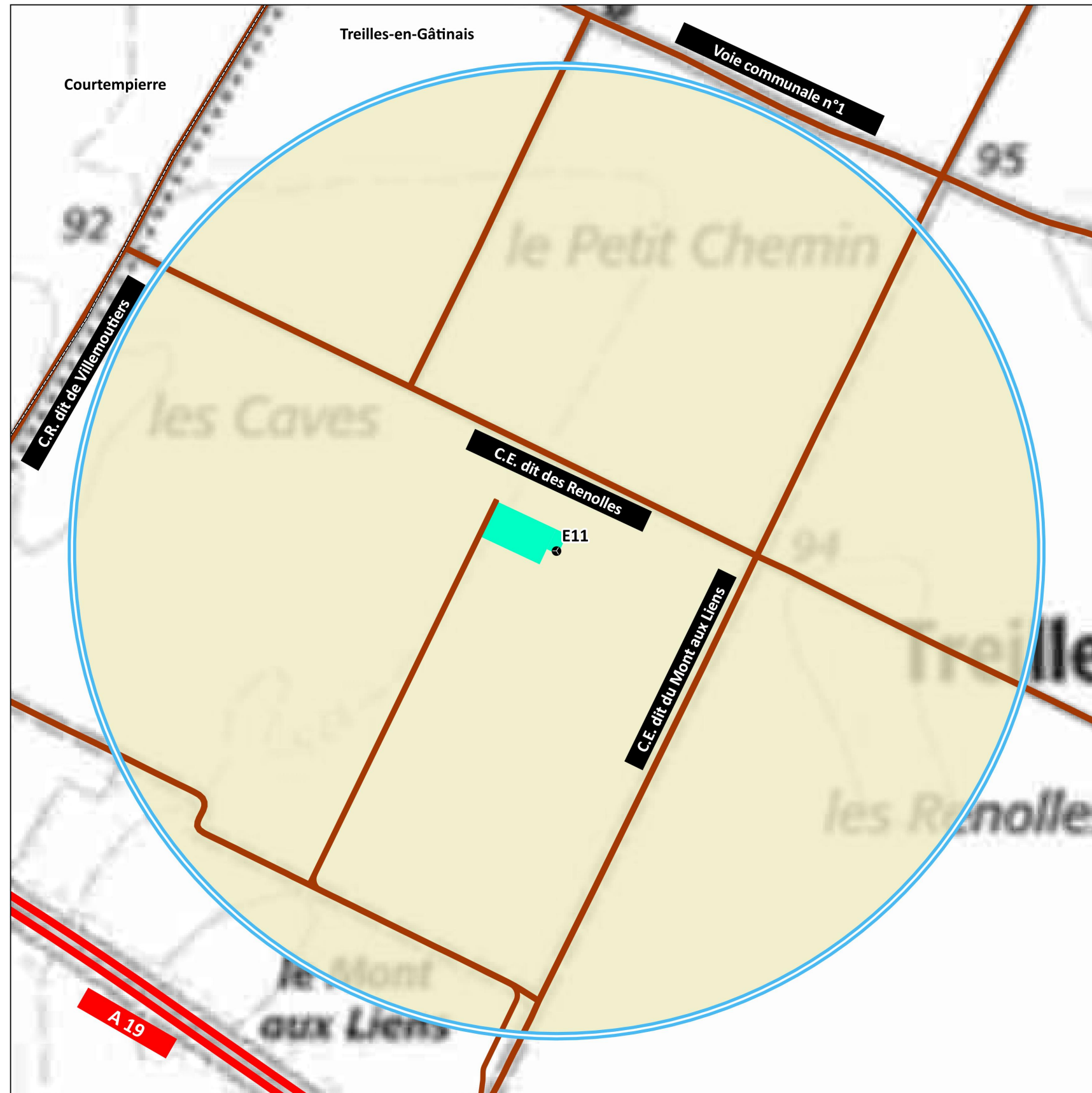
- Eolienne
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé :
1 personne pour 100 ha
- Plateforme :
1 personne pour 10 ha
- Voie structurante :
0,4 personne/km par tranche de
100 véhicules/jour
- Voie non structurante :
1 personne pour 10 ha

Limite communale

Source : OpenStreetMap
Fond : Scan25® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES mai 2021

0 50 100 m

Carte 17 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E10

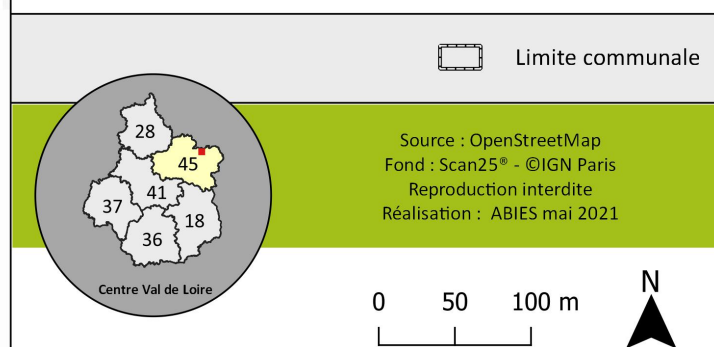


Projet éolien des Genévriers

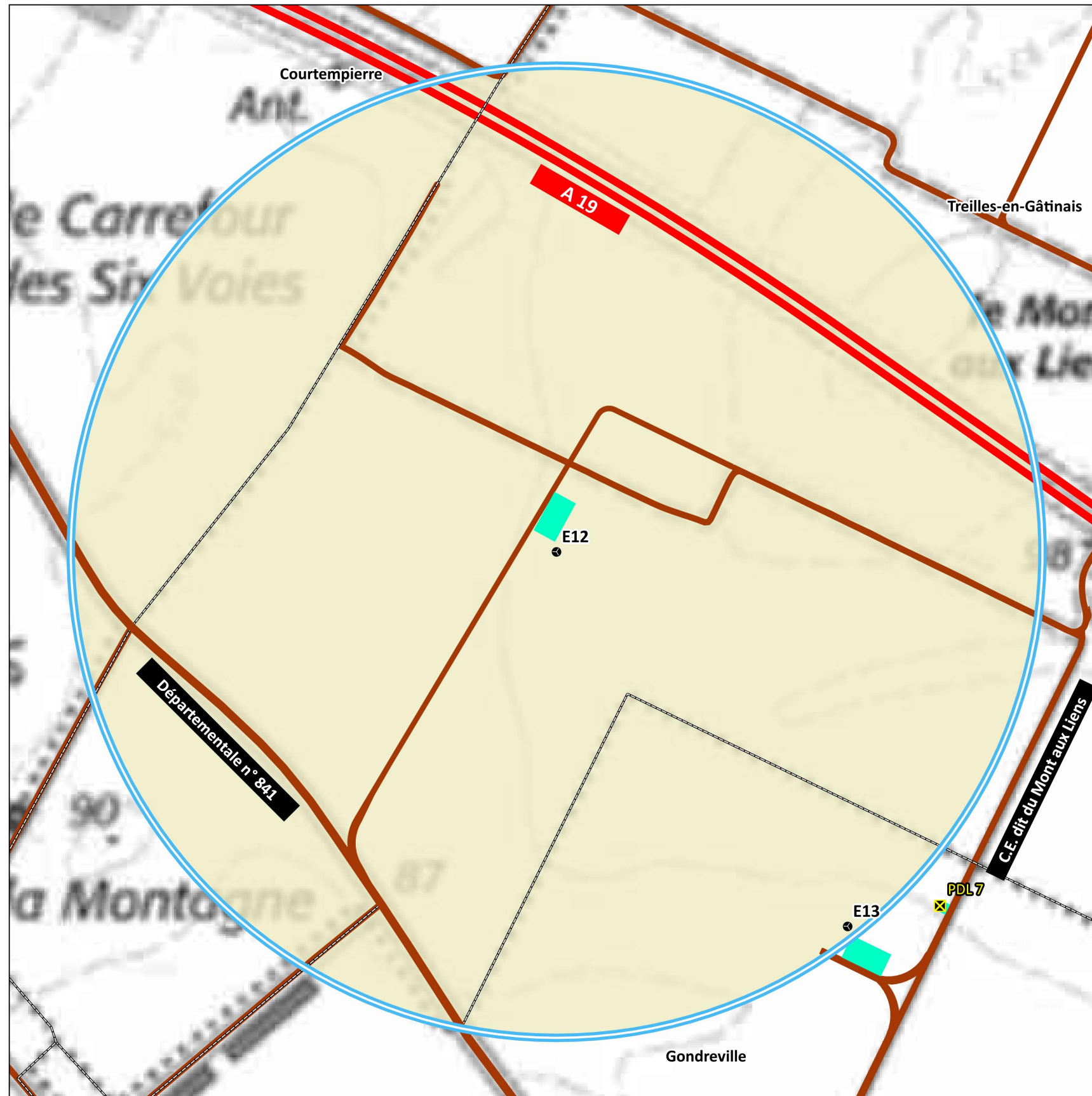
45
Loiret

Synthèse des enjeux humains - E11

- Eolienne
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé :
1 personne pour 100 ha
- Plateforme :
1 personne pour 10 ha
- Voie structurante :
0,4 personne/km par tranche de
100 véhicules/jour
- Voie non structurante :
1 personne pour 10 ha



Carte 18 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E11

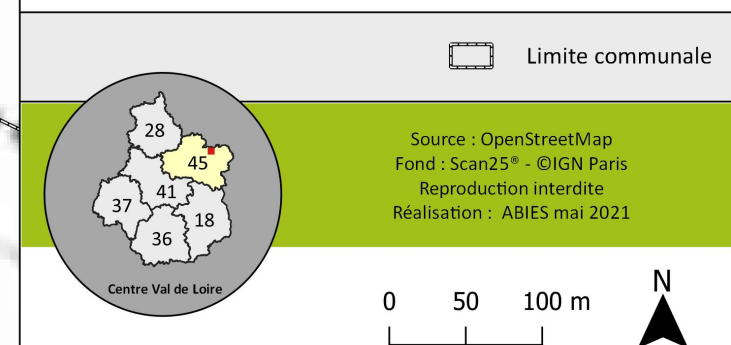


Projet éolien des Genévriers

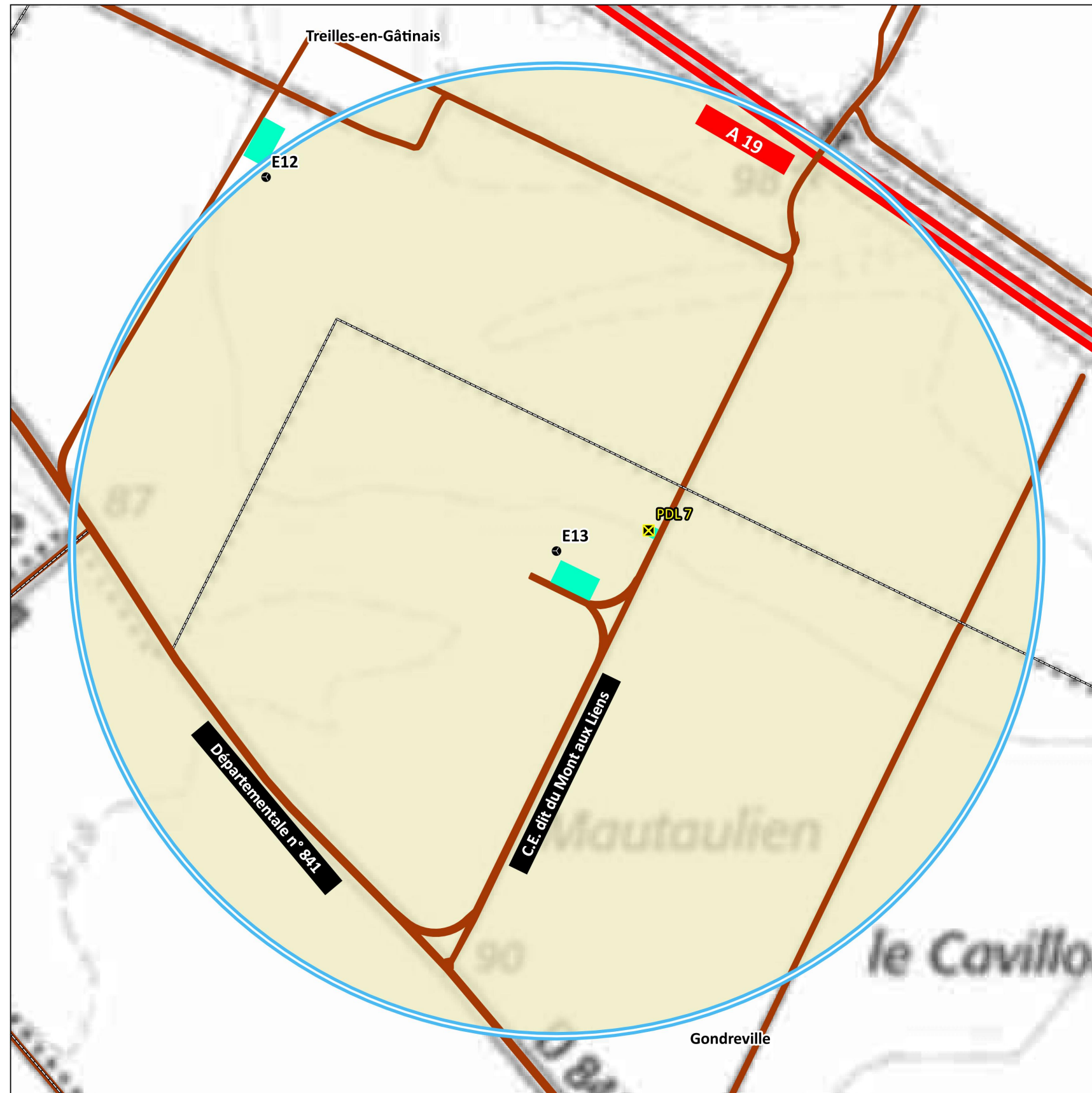
45
Loiret

Synthèse des enjeux humains - E12

- Eolienne
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé :
1 personne pour 100 ha
- Plateforme :
1 personne pour 10 ha
- Voie structurante :
0,4 personne/km par tranche de
100 véhicules/jour
- Voie non structurante :
1 personne pour 10 ha



Carte 19 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E12



Projet éolien des Genévriers



Synthèse des enjeux humains - E13

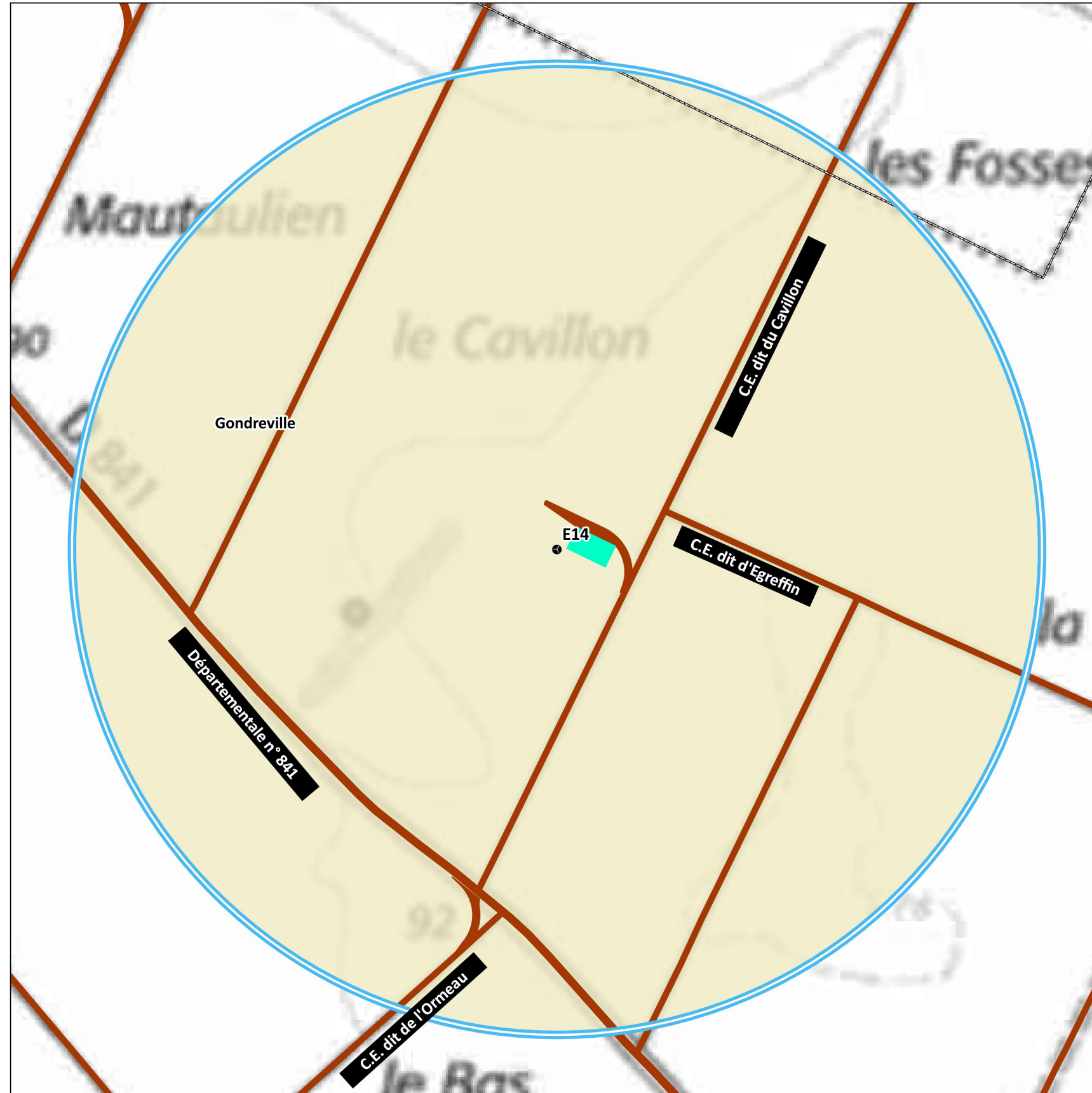
- Eolienne
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé :
1 personne pour 100 ha
- Plateforme :
1 personne pour 10 ha
- Voie structurante :
0,4 personne/km par tranche de
100 véhicules/jour
- Voie non structurante :
1 personne pour 10 ha

Limite communale

Source : OpenStreetMap
Fond : Scan25® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES mai 2021

0 50 100 m

Carte 20 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E13



Projet éolien des Genévriers



Synthèse des enjeux humains - E14

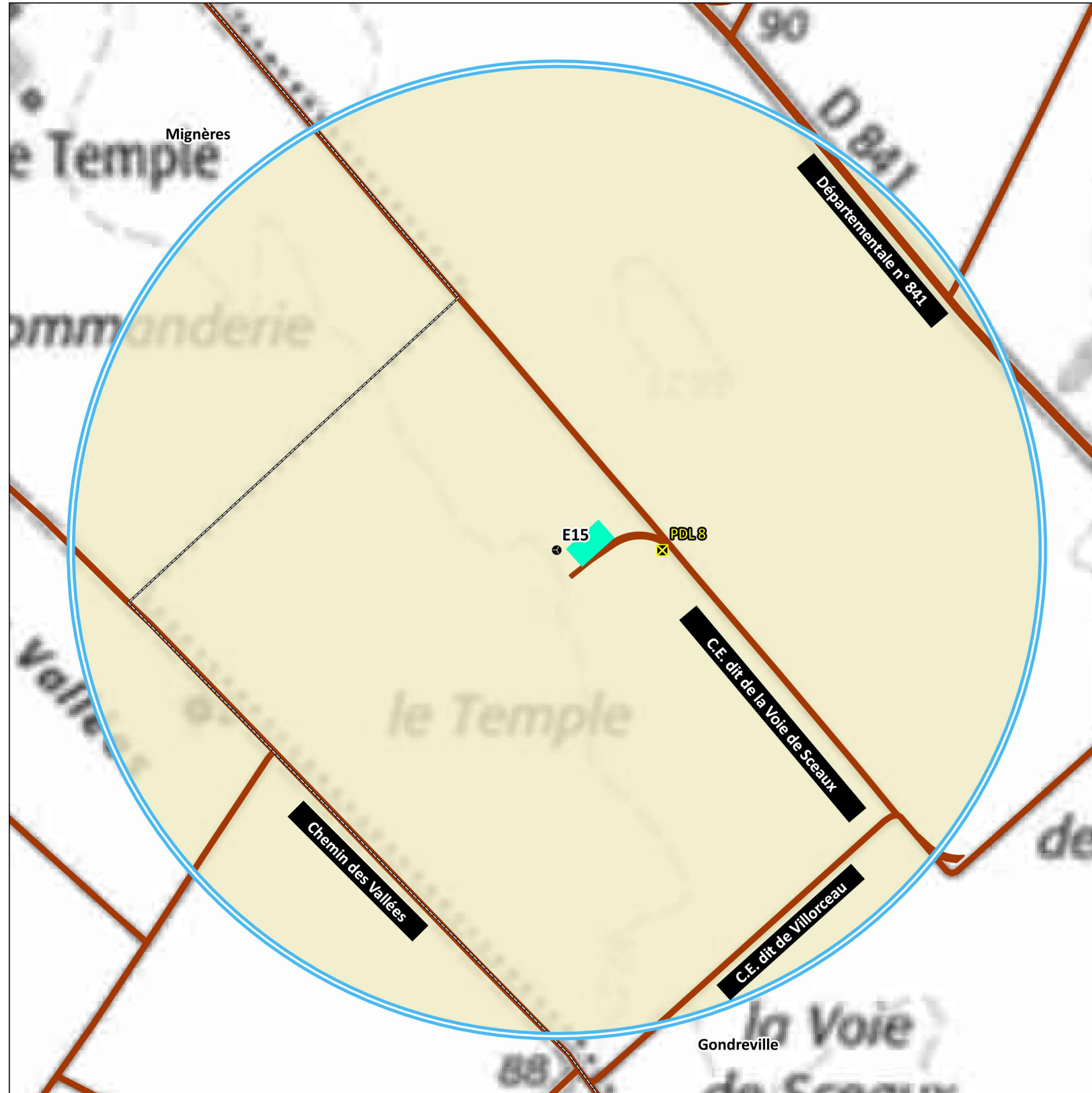
- Eolienne
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé :
1 personne pour 100 ha
- Plateforme :
1 personne pour 10 ha
- Voie non structurante :
1 personne pour 10 ha

Limite communale

Source : OpenStreetMap
Fond : Scan25® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES mai 2021

0 50 100 m

Carte 21 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E14



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

Synthèse des enjeux humains - E15

- Eolienne
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers
- Terrain non aménagé :
1 personne pour 100 ha
- Plateforme :
1 personne pour 10 ha
- Voie non structurante :
1 personne pour 10 ha

Limite communale

Source : OpenStreetMap
Fond : Scan25® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIÉS mai 2021

0 50 100 m

Carte 22 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E15

4 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION ET DES PROCÉDES DE FABRICATION

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, au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

4.1	Caractéristiques d'un parc éolien	45	4.8.2	Arrêts d'urgence	55
4.1.1	Éléments constitutifs d'un aérogénérateur	45	4.8.3	Opérations périodiques de contrôle et systèmes de sécurité.....	55
4.1.2	Emprise au sol.....	45	4.8.4	Registre de maintenance	55
4.1.3	Chemins d'accès	46	4.8.5	Démantèlement et remise en état du site	56
4.2	Caractéristiques du parc éolien des Genévriers	46	4.9	Dispositions constructives.....	56
4.2.1	Activités de l'installation	46	4.9.1	Dispositions réglementaires.....	56
4.2.2	Situation géographique.....	46	4.9.2	Sécurité de l'installation	56
4.2.3	Les éoliennes choisies	49			
4.3	Fonctionnement d'une éolienne.....	49			
4.3.1	Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur	49			
4.3.2	Caractéristiques techniques des éoliennes envisagées.....	50			
4.4	Aires de levage	52			
4.5	Chemins d'accès.....	52			
4.6	Durée de vie et démantèlement	52			
4.7	Fonctionnement des réseaux de l'installation	52			
4.7.1	Les postes de livraison électrique	52			
4.7.2	Le réseau électrique interne	53			
4.7.3	Le réseau électrique externe.....	55			
4.8	La maintenance.....	55			
4.8.1	Le personnel de maintenance	55			

4.1 Caractéristiques d'un parc éolien

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

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

4.1.1 Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), 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 qu'un transformateur.

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- le **rotor** qui est composé de trois pales construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent ;
- le **mât**, généralement composé le plus souvent de 3 à 5 tronçons en acier ou de 15 à 20 anneaux de béton surmontés d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans certaines éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique ;
- la **nacelle** qui abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - le générateur transformant 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 ;
 - le transformateur si celui-ci n'est pas intégré au mât.

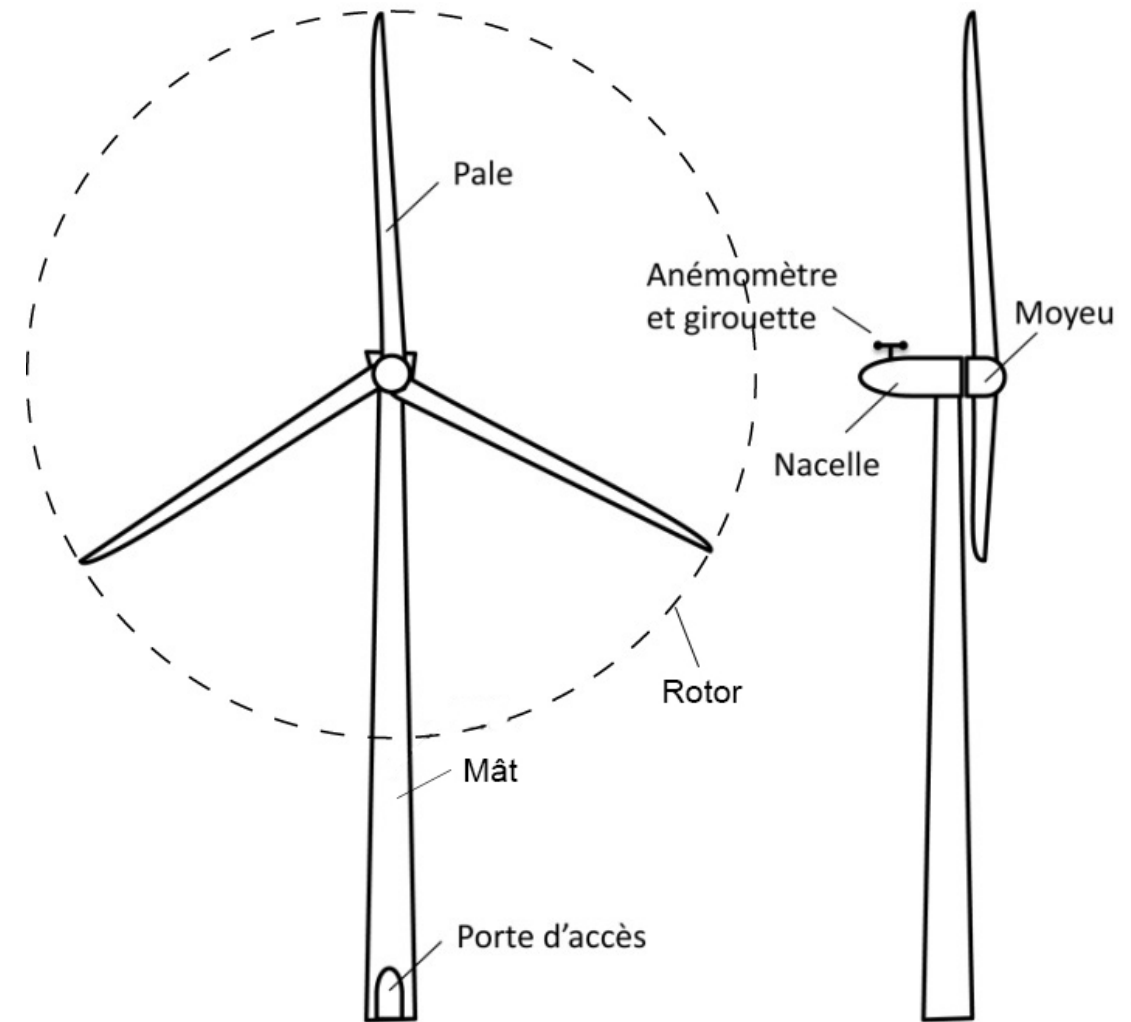


Figure 2 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

4.1.2 Emprise au sol

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

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

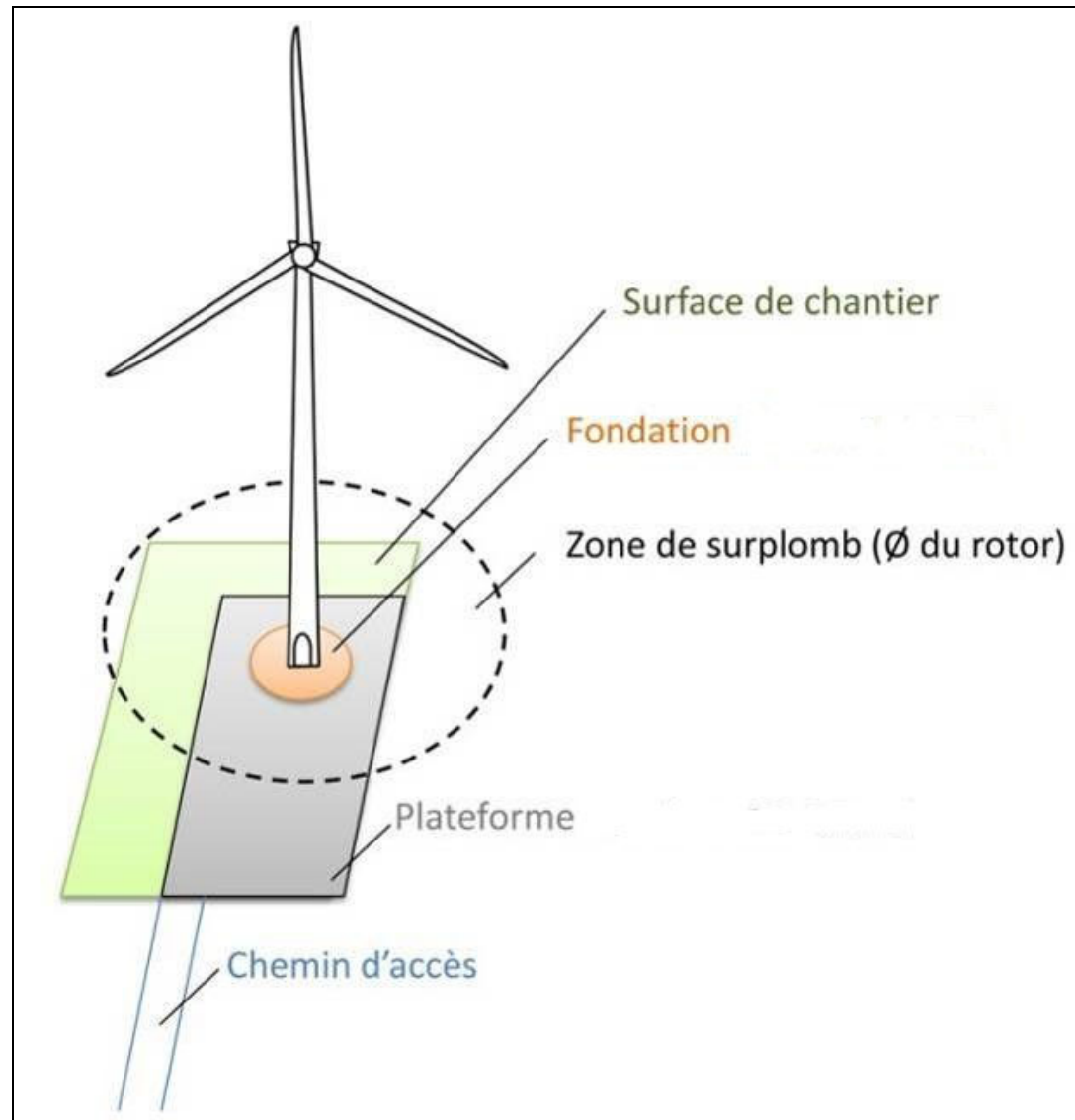


Figure 3 : Emprises au sol d'une éolienne

4.1.3 Chemins d'accès

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de construction du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à son exploitation. Dans le cas présent, de nouveaux chemins sont créés.

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

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

4.2 Caractéristiques du parc éolien des Génévriers

4.2.1 Activités de l'installation

L'activité du parc éolien des Génévriers est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur de l'ensemble mât+nacelle supérieure à 50 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

4.2.2 Situation géographique

Les éléments relatifs à la situation géographique du projet (localisation, coordonnées géographiques des principaux aménagements, communes d'implantation, etc.) sont disponibles au chapitre 2.1 « Localisation du site » de la présente étude.

Les cartes en pages suivantes présentent les aménagements du projet de parc éolien des Génévriers en phase d'exploitation.



Projet éolien des Genévriers

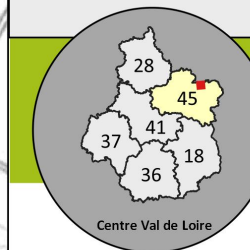
45
Loiret

Projet d'implantation - phase exploitation -

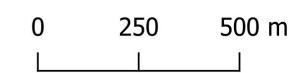
Zone nord

- Eolienne
- Poste de livraison
- Survol des éoliennes
- Plateforme de maintenance
- Massif stabilisé
- Accès

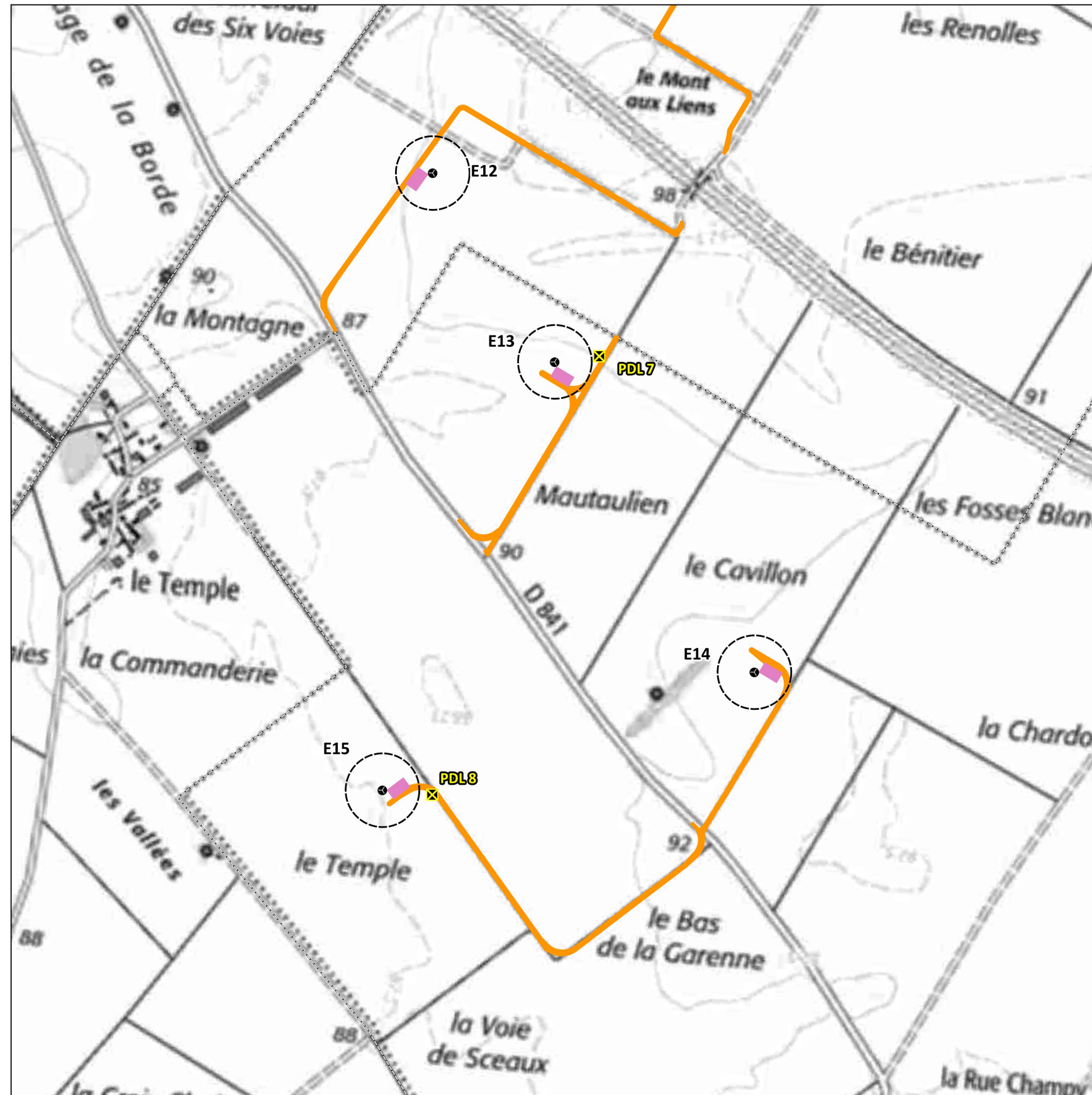
Limite communale



Fond : SCAN25® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES, juin 2021



Carte 23 : Le projet en phase d'exploitation (zone nord)



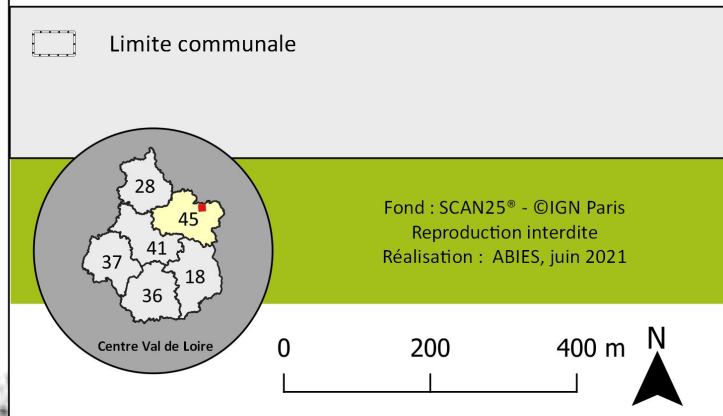
Projet éolien des Génévriers

45
Loiret

Projet d'implantation - phase exploitation -

Zone sud

- Eolienne
- Poste de livraison
- Survol des éoliennes
- Plateforme de maintenance
- Accès



Carte 24 : Le projet en phase d'exploitation (zone sud)

4.2.3 Les éoliennes choisies

À la date de dépôt du présent Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale, le modèle d'aérogénérateurs qui équipera le parc éolien des Genévriers n'est pas déterminé.

Seul le gabarit général des machines est arrêté. Les différents critères dimensionnels (hauteur totale, diamètre du rotor, hauteur de moyeu, etc.) ne peuvent être déterminés précisément à ce stade tant il existe de variabilité entre chaque constructeur et modèle produit.

Afin de disposer de données exploitables pour la réalisation de la présente étude des dangers, il a été décidé par le maître d'ouvrage de s'appuyer sur trois modèles actuellement commercialisés et adaptés aux caractéristiques de vent du site :

- Enercon E160 de 5,5 MW ;
- Vestas V162 de 5,6 MW ;
- Nordex N163 de 5,7 MW.

Les caractéristiques et le gabarit de ces différentes turbines sont détaillés dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Caractéristiques et gabarits des aérogénérateurs envisagés pour le parc éolien des Genévriers

Nom de la machine	E160	V162	N163
Constructeur	Enercon	Vestas	Nordex
Puissance nominale	5,5 MW	5,6 MW	5,7 MW
Diamètre du rotor	160 m	162 m	163 m
Hauteur en bout de pale	200 m	200 m	199,5 m
Hauteur de moyeu	120 m	119 m	118 m
Hauteur libre sous rotor	40 m	38 m	36,5 m
Longueur de pale	78,3 m	79,35 m	79,7 m
Largeur maximale de la pale	4,13 m	4,3 m	4,15 m
Diamètre de la base du mât (plus grand diamètre du mât)	8,2 m	5,3 m	4,3 m

Il est à noter que compte tenu de la non-sélection d'un modèle en particulier, les informations contenues dans les paragraphes suivants sont d'ordre générique et les équipements présentés sont ceux qui équipent en règle générale les éoliennes de ce gabarit.

La présentation technique des machines ne correspondra donc pas précisément au modèle final retenu pour équiper le parc. Les écarts relevés seront dans tous les cas mineurs et ne remettent pas en cause les analyses présentées dans cette étude.

4.3 Fonctionnement d'une éolienne

4.3.1 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

L'aérogénérateur transforme l'énergie cinétique du vent en énergie électrique. Cette transformation, détaillée ci-après, se fait en plusieurs étapes principalement par le couple rotor/nacelle.

Lorsque le vent se lève et atteint une vitesse jugée suffisante pour mettre le rotor en mouvement, un automate informé par une girouette commande au système d'orientation de la nacelle (Yaw), qui est solidaire du rotor, de la faire pivoter sur son axe via des moteurs d'orientation afin de placer les pales face au vent.

La seule force du vent assure alors la mise en mouvement du rotor dont les pales peuvent pivoter indépendamment sur leur axe via des roulements. Ce système hydraulique ou électrique de contrôle appelé "pitch system" permet à l'éolienne d'adapter la portance de son rotor face aux variations du vent (forte portance lorsque le vent est faible et diminution de celle-ci s'il est trop puissant, Cf. chapitre suivant).

La rotation du rotor est transmise à un arbre moteur horizontal présent dans la nacelle. Cet axe cylindrique est couplé à la génératrice qui va convertir l'énergie issue du mouvement de l'arbre en électricité. Selon les technologies employées, la liaison entre l'arbre et la génératrice peut se faire directement ; on parle alors d'entraînement direct. Elle peut également se faire par l'intermédiaire d'un multiplicateur (train d'engrenages) qui va accélérer la vitesse de rotation de l'arbre avant son couplage à la génératrice.

L'électricité délivrée par la génératrice est produite sous forme de courant alternatif dont la tension varie en fonction de la vitesse du vent et de la portance des pales face à la pression qu'elles supportent :

- lorsque le vent est inférieur à 12 km/h (3,3 m/s) environ, l'éolienne est à l'arrêt ou son rotor tourne très lentement. L'énergie mécanique fournie est insuffisante pour assurer une quelconque production électrique ;
- entre 12 km/h (3,3 m/s) et 45 km/h (12,5 m/s) environ, l'éolienne est dans la plage des charges partielles, c'est-à-dire qu'elle fonctionne en-dessous de sa puissance maximale. Le positionnement des pales s'ajuste alors en fonction de la force du vent de manière à capter le plus d'énergie possible. En effet, la diminution ou l'augmentation de la portance de la pale influencera le couple moteur. La totalité de l'énergie du vent récupérable est convertie en électricité. La production augmente très rapidement en fonction de la vitesse de vent⁴ ;
- entre 45 km/h (12,5 m/s) et 90 km/h (25 m/s) environ, l'éolienne produit à pleine puissance, on parle de puissance nominale (5,7 MW maximum dans le cas des éoliennes Nordex N163). À 45 km/h, le seuil de production maximum est atteint. Selon la contrainte exercée par le vent, l'angle des pales est ajusté afin de réguler la production qui peut alors rester constante et maximale jusqu'à une vitesse de vent de 90 km/h ;
- à partir de 90 km/h (25 m/s) environ, l'éolienne est arrêtée progressivement pour des raisons de sécurité. Cela n'arrive que sur des sites très exposés, quelques heures par an, durant de fortes tempêtes ou lors d'épisodes de bourrasques répétées. Lorsque le vent dépasse 90 km/h pendant un certain temps (durée variable selon le modèle d'éolienne), les pales sont mises en drapeau (parallèles à la direction du flux d'air) afin d'avoir une portance minimale. L'éolienne ne produit plus d'électricité. Le rotor tourne alors lentement en roue libre et la génératrice est déconnectée du réseau. Dès que la vitesse du vent redevient inférieure à la vitesse de coupure (valeur dépendant de chaque modèle) pendant 10 minutes, l'éolienne se remet en production.

Un convertisseur va ensuite stabiliser sa fréquence à 50 Hz afin d'être conforme aux normes du courant injecté sur le réseau d'électricité public puis sa tension va être élevée via un transformateur pour atteindre 20 000 V, valeur nécessaire pour le raccordement au réseau de distribution français. Selon les modèles d'éoliennes, le convertisseur et le transformateur peuvent être installés dans la nacelle ou dans le mât.

En sortie d'aérogénérateur, l'électricité est évacuée au travers d'un câble enterré jusqu'à un poste de livraison pour être injectée ensuite, au fil de la production, sur le réseau électrique afin d'être distribuée aux usagers.

⁴ Formule de Betz : La puissance fournie par une éolienne est proportionnelle au cube de la vitesse du vent et au carré des dimensions du rotor

Toutes ces opérations sont totalement automatiques et gérées par ordinateur. En cas d'urgence, la mise en drapeau des pales et un frein à disque placé sur l'axe permettent de mettre immédiatement l'éolienne en sécurité.

4.3.2 Caractéristiques techniques des éoliennes envisagées

4.3.2.1 Le rotor : moyeu et pales

L'éolienne envisagée sera équipée d'un rotor maximal de 163 mètres de diamètre constitué de 3 pales fixées au moyeu.

Ces pales correspondent généralement à l'assemblage de deux coques sur un longeron de soutien ; elles sont habituellement composées de fibre de verre renforcée de résine époxy et de fibre de carbone. L'utilisation de ces matériaux permet de réduire le poids de ces structures. Les pales du modèle d'éolienne qui équipera le parc des Genévriers mesurent au maximum 81,5 m. Un système de captage de la foudre constitué de collecteurs métalliques associés à un câble électrique ou méplat situé à l'intérieur de la pale permet d'évacuer les courants de foudre vers le moyeu puis vers la tour, la fondation et enfin vers le sol.

Le moyeu constitue la pièce centrale du rotor ; il renferme le système de contrôle d'angle de calage des pales "pitch system". L'inclinaison des pales s'ajuste à l'aide de vérins hydrauliques (1 par pale) permettant une diminution ou une augmentation de leur portance. Un système de contrôle (microprocesseur) permet de déterminer la meilleure position de celles-ci en fonction de la vitesse du vent et commande le système hydraulique afin d'exécuter le positionnement. Ce système permet donc de maximiser l'énergie absorbée par l'éolienne mais il fonctionne également comme le premier mécanisme de freinage en plaçant les pales en drapeau en cas de vents violents ou de toute autre raison nécessitant un arrêt de l'aérogénérateur. L'angle d'inclinaison des pales peut varier entre - 5° et 95°.

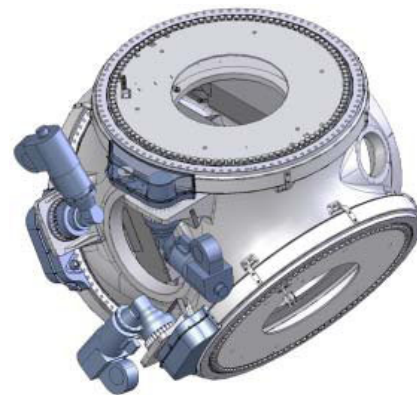


Figure 4 : Exemple de moyeu

Le rotor de l'éolienne est solidaire de la nacelle grâce à un arbre cylindrique horizontal constituant le prolongement du moyeu. Cet arbre permet de transmettre le mouvement du rotor à la génératrice électrique (Cf. chapitre suivant).

4.3.2.2 La nacelle

L'enveloppe de la nacelle est généralement composée de fibre de verre. Son châssis métallique sert de support aux différents éléments qu'elle renferme dont les principaux sont : l'arbre de transmission, la génératrice, le multiplicateur (dans le cas de l'éolienne N163) les armoires de commandes et le transformateur (ce dernier peut également se trouver dans le mât sur certains modèles d'éoliennes). Le toit est équipé de capteurs de vent

(girouette et anémomètre) et de puits de lumière qui peuvent être ouverts depuis l'intérieur de la nacelle pour un accès au toit en cas de maintenance notamment.

Les principaux éléments présents dans la nacelle sont détaillés ci-après.

A) Le multiplicateur (cas de la Nordex N163)

Pour produire une quantité suffisante d'électricité, la génératrice de l'éolienne, lorsqu'elle est asynchrone (Cf. chapitre suivant), a besoin de tourner à très grande vitesse. Pour ce faire, il est nécessaire de démultiplier la vitesse de rotation du rotor ; cette tâche est assurée par le multiplicateur (train d'engrenage) qui s'insère entre le rotor et la génératrice.

Le rotor transmet donc l'énergie du vent au multiplicateur via un arbre lent (une dizaine de tours/min) ; le multiplicateur va ensuite entraîner un arbre rapide qui est couplé à la génératrice électrique. Un frein à disque est monté directement sur l'arbre rapide, il permet de protéger la génératrice en cas d'emballement.

B) La génératrice

Elle convertit l'énergie mécanique produite par la rotation du rotor en énergie électrique. Il existe deux grands types de génératrices :

- les génératrices synchrones : ici, l'entraînement mécanique entre le rotor et la génératrice est direct. Ainsi, la fréquence du courant délivré par la génératrice varie proportionnellement à la vitesse de rotation du rotor. Cette variation de fréquence implique la présence d'un convertisseur en sortie de génératrice afin de stabiliser la fréquence à la valeur de référence du réseau de distribution national : 50 Hz. Le principal avantage des modèles synchrones est qu'ils demandent une maintenance limitée en raison d'un nombre réduit de pièces en rotation (pas de boîte de vitesse). Leur usure est également réduite ;
- les génératrices asynchrones : ces modèles nécessitent de tourner à une certaine vitesse (plusieurs centaines de tours/minute) afin de produire du courant. L'entraînement mécanique est donc indirect en raison de la présence d'un multiplicateur entre le moyeu et la génératrice. Les modèles asynchrones ont pour avantage principal de produire directement un courant de fréquence stable adapté au réseau de distribution. Ils sont par ailleurs moins coûteux à l'achat du fait d'une technologie plus simple à mettre en œuvre.

Il est à noter qu'une gamme de génératrices synchrones équipées de multiplicateurs tend à se développer.

Les types de génératrices correspondant aux trois modèles d'éoliennes envisagés dans le cadre du projet éolien des Genévriers sont les suivants :

- synchrones pour les Vestas V162 et Enercon E160 ;
- asynchrone pour la Nordex N163.

C) Le transformateur

Le transformateur constitue l'élément électrique qui va élever la tension issue de la génératrice pour permettre le raccordement au réseau de distribution d'électricité. Il se situe dans une pièce séparée et verrouillée et des dispositifs parafoudre assurent sa protection. Il peut se trouver dans le mât selon les modèles (Enercon E160)

D) Le convertisseur (Vestas V162 et Enercon E160)

Il convertit le courant alternatif à fréquence variable issu de la génératrice en un courant alternatif à fréquence fixe adapté au réseau électrique de distribution (50 Hz).

E) Le système auxiliaire

Il fournit l'électricité nécessaire au fonctionnement des différents moteurs, pompes, ventilateurs et appareils de chauffage ou de refroidissement de l'éolienne ; il se trouve dans les armoires de commande.

F) Le système de refroidissement

Le refroidissement des principaux composants de la nacelle (multiplicateur, génératrice, convertisseur, groupe hydraulique, transformateur) se fait par le biais d'un circuit à liquide de refroidissement (mélange eau/glycol ou mélange eau/huile). De même, tous les autres systèmes produisant de la chaleur sont équipés de ventilateurs ou de refroidisseurs mais ils sont considérés comme des contributeurs mineurs à la thermodynamique de la nacelle.

G) Le mât

Le mât de l'éolienne se présente sous la forme d'une tour conique en acier constituée de plusieurs sections. Il supporte l'ensemble nacelle + rotor.

L'accès au mât se fait par une porte verrouillable au pied de la tour. Dans le mât, il est possible de monter jusqu'à la nacelle avec un ascenseur (facultatif) ou une échelle équipée d'un système antichute. On trouve une plateforme et un système d'éclairage de secours au niveau de chaque segment de la tour.

H) Les autres éléments électriques

Si la génératrice et le transformateur constituent les deux systèmes électriques principaux dans le fonctionnement des éoliennes, on retrouve d'autres éléments nécessaires à la production d'électricité :

- l'onduleur qui assure l'alimentation des principaux composants en cas de panne ;
- le système de commande qui correspond aux différents processeurs situés dans le rotor, dans la nacelle et en pied de mât ;
- les câbles haute-tension allant de la nacelle au bas de la tour.

I) Lubrification et produits chimiques

La présence de nombreux éléments mécaniques dans la nacelle et le moyeu implique un graissage au démarrage et en exploitation afin de réduire les différents frottements et l'usure entre deux pièces en contact et, en mouvement l'une par rapport à l'autre.

Les éléments chimiques et les lubrifiants utilisés dans les éoliennes implantées sur le site des Genévriers seront certifiés selon la norme ISO 14001. Les principaux éléments chimiques rencontrés dans un aérogénérateur sont les suivants :

- le liquide de refroidissement ;
- les huiles de lubrification (palier principal, multiplicateur et génératrice) ;
- les huiles mises sous pression par le système hydraulique ;
- les graisses pour la lubrification des roulements ;
- les divers agents nettoyants et produits chimiques pour la maintenance de l'éolienne.

L'étude de dangers, pièce constitutive du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale, s'attache à analyser la dangerosité de ces produits.

L'étude de dangers, pièce constitutive du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale, s'attache à analyser la dangerosité de ces produits.

4.3.2.2 La couleur et le balisage lumineux des éoliennes

Ces critères sont encadrés par l'annexe II de l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

A) La couleur des éoliennes

La couleur des éoliennes est définie par les quantités colorimétriques et le facteur de luminance. Dans le cas des éoliennes terrestres (cas du présent projet) :

- les quantités colorimétriques sont limitées aux domaines du gris et du blanc ;

- le facteur de luminance du gris est supérieur ou égal à 0,4 ; celui du blanc est supérieur ou égal à 0,75.

Les références RAL utilisables par les constructeurs sont :

- les nuances RAL 9003, 9010, 9016 et 9018 qui se situent dans le domaine blanc et qui ont un facteur de luminance supérieur ou égal à 0,75 ;
- la nuance RAL 7035 qui se situe dans le domaine du gris et qui a un facteur de luminance supérieur ou égal à 0,5 mais strictement inférieur à 0,75 ;
- la nuance RAL 7038 qui se situe dans le domaine du gris et qui a un facteur de luminance supérieur ou égal à 0,4 mais strictement inférieur à 0,5.

La couleur choisie est appliquée uniformément sur l'ensemble des éléments constituant l'éolienne (tour, moyeu et pales). Dans le cas des aérogénérateurs du parc des Genévriers, le RAL n'est pas encore précisément connu au moment du dépôt du présent Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale, mais il sera conforme à la réglementation en vigueur.

B) Le balisage des éoliennes

Au regard de l'arrêté du 23 avril 2018 :

- **Le jour** : chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 candelas [cd]). Ces feux doivent être installés sur le sommet de la nacelle et doivent assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).
- **La nuit** : chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 candelas). Ces feux doivent être installés sur le sommet de la nacelle et doivent assurer une visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).
- **Passage du balisage lumineux de jour au balisage de nuit** : le jour est caractérisé par une luminance de fond supérieure à 500 cd/m², le crépuscule est caractérisé par une luminance de fond comprise entre 50 cd/m² et 500 cd/m², et la nuit est caractérisée par une luminance de fond inférieure à 50 cd/m². 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/m².

Les feux à éclats de même fréquence doivent être synchronisés entre eux pour un même parc éolien, à un rythme de 20 éclats par minute pour les installations terrestres non côtières (cas du présent projet).

Dans le cas d'une éolienne terrestre de hauteur totale supérieure à 150 mètres, le balisage par feux moyenne intensité est complété par des feux d'obstacles basse intensité de type B (rouges, fixes, 32 cd) installés sur le mât et opérationnels de jour comme de nuit. Ils doivent assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°) et varieront en nombre et en position selon la hauteur totale de l'aérogénérateur :

- si l'éolienne mesure entre 151 m et 200 m, elle sera équipée d'un seul niveau de feux implantés à 45 m de hauteur ;
- si l'éolienne mesure entre 201 m et 250 m, elle sera équipée de deux niveaux de feux implantés à 45 m et 90 m de hauteur.

Les éoliennes du parc des Genévriers, dont la hauteur en bout de pale sera d'environ 200 m, seront équipées d'un niveau de feux d'obstacles basse intensité de type B.

Les feux de balisage font l'objet d'un certificat de conformité, délivré par le Service Technique de l'Aviation Civile (STAC) de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC), à moins que la conformité de leurs performances ne soit démontrée par un organisme détenteur d'une accréditation NF EN ISO/CEI 17025 pour la réalisation d'essais de colorimétrie et de photométrie.

4.3.2.3 L'ancrage au sol des éoliennes

Compte tenu de leurs dimensions et de leurs poids, les éoliennes sont fixées au sol par le biais de fondations en béton armé enterrées assurant la transmission dans le sol des efforts générés par l'aérogénérateur.

Le type et le dimensionnement exacts des fondations seront déterminés en tenant compte des caractéristiques de l'éolienne, des conditions météorologiques générales du site et de la nature du terrain d'implantation qualifiée

lors des études géotechniques menées en amont de la construction du parc. Un système constitué de tiges d'ancrage (virole), disposé au centre du massif de la fondation, permet la fixation de la bride inférieure de la tour. La fondation est conçue pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2.

Les fondations du parc éolien des Genévriers devraient être similaires à celle présentée sur le schéma ci-après, probablement de forme ronde, de 29 m de diamètre maximum. On se reportera au chapitre « Incidences sur le milieu physique » pour en apprécier les impacts

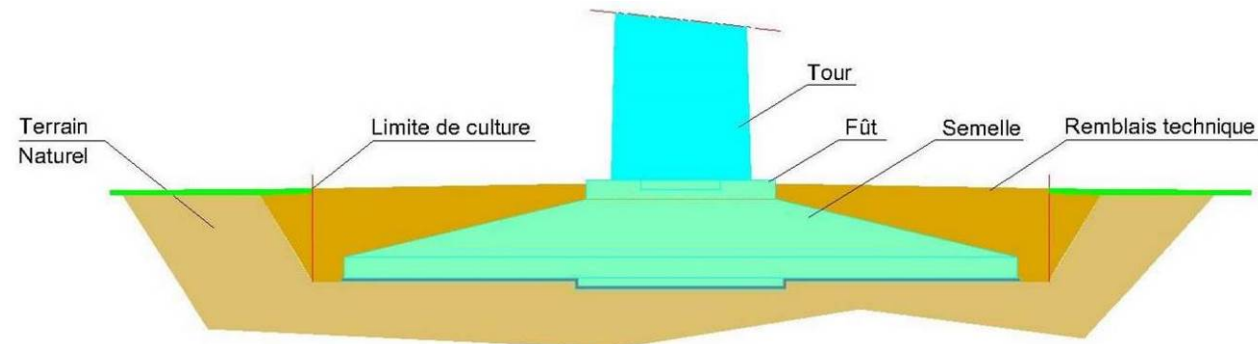


Figure 5 : Schéma type d'une fondation

4.4 Aires de levage

Au pied de chaque aérogénérateur, une plateforme de levage est aménagée pour les besoins du chantier de construction ; elle sert notamment de support pour la grue de levage des composants éoliens et permet le stockage de certains éléments. Les emprises des plateformes seront, dans un premier temps, réduites en raison de la présence des fouilles nécessaires à la mise en place des fondations. Ce n'est qu'une fois ces excavations remblayées que ces aires pourront s'étendre jusqu'aux pieds des machines. Les plateformes seront maintenues lors de l'exploitation du parc afin d'assurer les opérations de maintenance.

4.5 Chemins d'accès

Un réseau de pistes et de chemins existe déjà sur le site. Pour répondre à la charge et au gabarit des véhicules de transport, certains chemins existants seront renforcés et ou élargis au démarrage du chantier. La largeur utile de la voie doit être de 4,5 mètres en ligne droite avec un dégagement de part et d'autre.

4.6 Durée de vie et démantèlement

La présente installation n'a pas un caractère permanent (ou non réversible) comme d'autres installations de production énergétique : elle est réversible à condition de respecter un certain nombre de règles.

L'exploitation du parc éolien des Genévriers est prévue pour une durée de 20 à 25 ans environ.

4.7 Fonctionnement des réseaux de l'installation

Le schéma suivant présente le principe de raccordement d'un parc éolien :

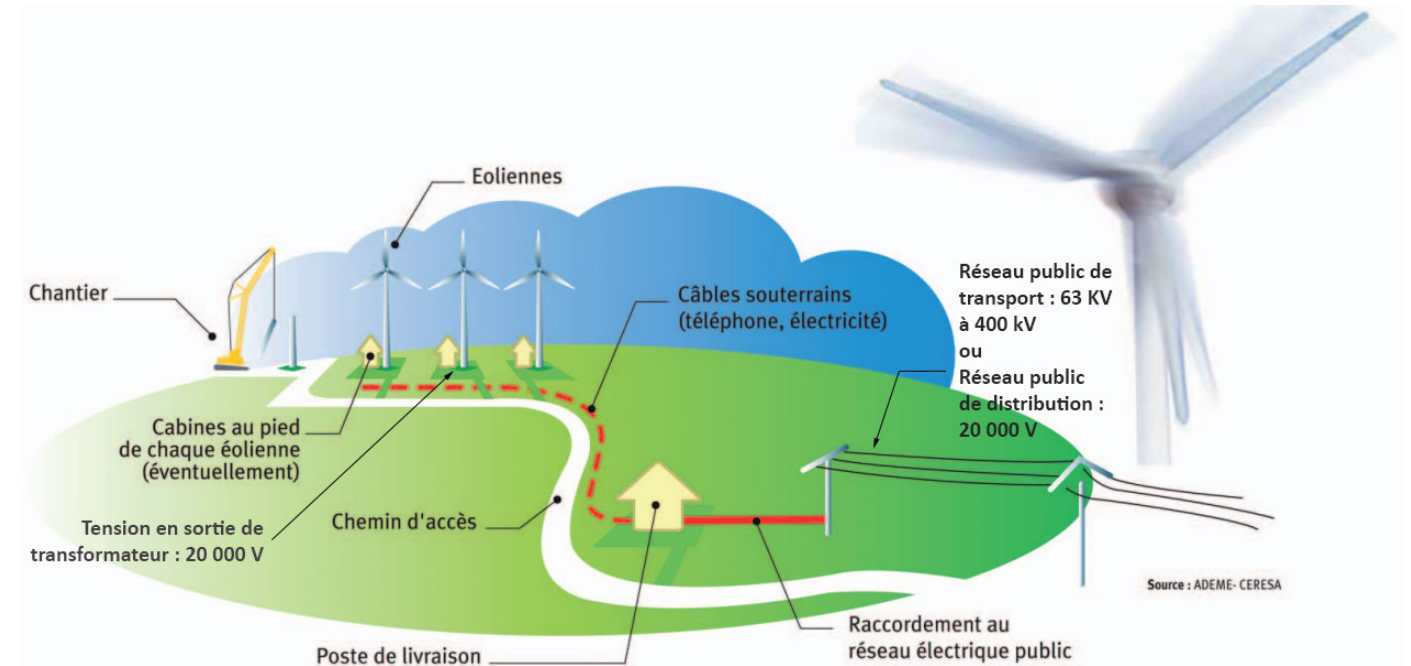


Figure 6 : Schéma de principe du raccordement électrique des installations. (Source. ADEME et CERESA)

4.7.1 Les postes de livraison électrique

Les postes de livraison matérialisent le point de raccordement d'un parc éolien au réseau public d'électricité. Ils servent d'interface entre le réseau électrique en provenance des éoliennes et celui d'évacuation de l'électricité vers le réseau de distribution d'électricité.

Un poste de livraison standard permet de raccorder une puissance de 12 MW à 15 MW environ. Compte tenu de la puissance du parc des Genévriers (85,5 MW maximum), 8 postes seront implantés pour évacuer l'électricité produite :

- le poste de livraison n° 1 (PDL1) constituera le point de collecte de l'électricité produite par les éoliennes E1 et E2 ;
- le poste de livraison n° 2 (PDL2) constituera le point de collecte de l'électricité produite par les éoliennes E3 et E4 ;
- le poste de livraison n° 3 (PDL3) constituera le point de collecte de l'électricité produite par les éoliennes E5 et E6 ;
- le poste de livraison n° 4 (PDL4) constituera le point de collecte de l'électricité produite par les éoliennes E7 et E8 ;
- le poste de livraison n° 5 (PDL5) constituera le point de collecte de l'électricité produite par les éoliennes E9 et E10 ;
- le poste de livraison n° 6 (PDL6) constituera le point de collecte de l'électricité produite par l'éolienne E11 ;
- le poste de livraison n° 7 (PDL7) constituera le point de collecte de l'électricité produite par les éoliennes E12 et E13 ;
- le poste de livraison n° 8 (PDL8) constituera le point de collecte de l'électricité produite par les éoliennes E14 et E15.

Les postes de livraison doivent être accessibles en voiture pour la maintenance et l'entretien. Ils seront respectivement placés :

- à l'ouest de l'éolienne E2, le long d'un chemin agricole et sur une plateforme commune pour les PDL 1, 2 et 3 ;

- à l'ouest de l'éolienne E8, le long de la rue du Bout d'en Haut et sur une plateforme commune pour les PDL 4, 5 et 6 ;
- à l'est de l'éolienne E13 pour le PDL 7 ;
- à l'est de l'éolienne E15 pour le PDL 8.

Une attention particulière sera portée sur l'intégration paysagère des postes de livraison en fonction du contexte local (peinture et bardage bois).

Des panneaux indicateurs réglementaires avertissant le public de la nature de cette construction et des dangers électriques présents à l'intérieur seront apposés sur les portes d'accès.

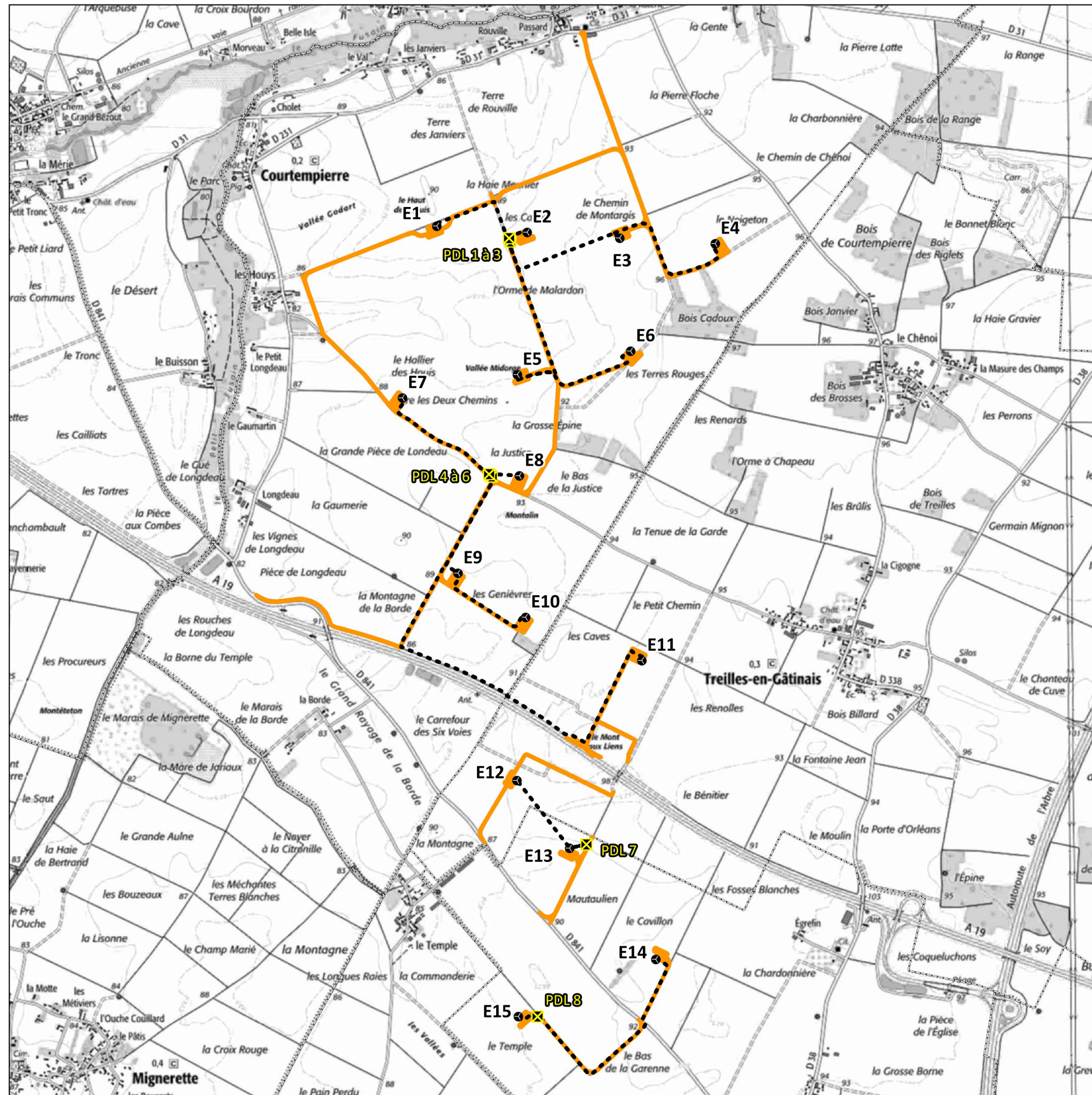
4.7.2 Le réseau électrique interne

Le réseau électrique inter-éolien permet de transférer l'électricité produite par chaque éolienne aux postes de livraison du parc. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication (fibre optique) qui assure la communication entre chaque aérogénérateur et le terminal de télésurveillance. L'ensemble des câbles constitue le réseau inter-éolien ; ils seront souterrains et enfouis dans des tranchées dont la profondeur pourra varier selon le nombre de câbles enfouis, le type de tranchée et l'occupation du sol : généralement, la profondeur minimale d'enfouissement est de 1,20 m sur les espaces agricoles, afin de ne pas gêner l'exploitation, et de 0,8 m à l'axe des chemins et accotement des routes existantes. En cas de franchissement de canalisations existantes, le passage des câbles sera réalisé selon les prescriptions du concessionnaire du réseau concerné. La largeur des tranchées est de l'ordre de 0,5 m.



Figure 7 : Principe d'enfouissement et coupe d'un câble de raccordement souterrain (source : RTE)

Le réseau souterrain implanté est visible sur la carte et est présenté sous la forme d'un schéma unifilaire ci-après.

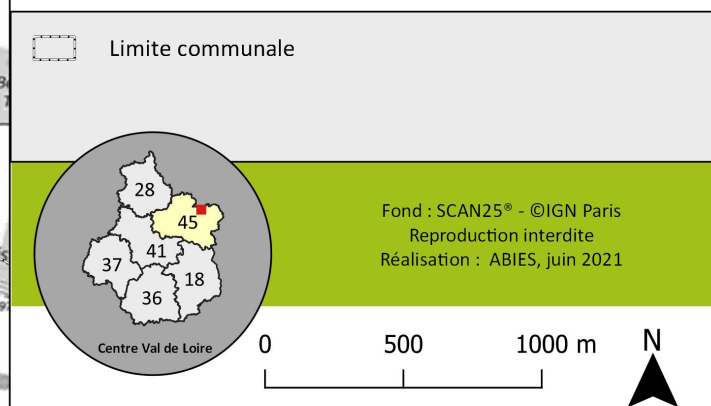


Projet éolien des Genévriers



Raccordement électrique interne

- Eolienne
- Poste de livraison
- Raccordement électrique interne
- Accès et plateforme



Carte 25 : Plan du raccordement inter-éolien et des postes de livraison

4.7.3 Le réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie les postes de livraison avec le poste source, point de raccordement avec le réseau public de distribution (RPD) d'électricité. Ce réseau externe est réalisé par le gestionnaire du RPD local ; il est lui aussi entièrement enterré.

Plusieurs hypothèses sont envisagées pour le raccordement au réseau public de distribution du parc éolien des Genévriers. Celles-ci portent sur les postes source :

- de Villemandeur implanté au nord de la commune de Villemandeur, à environ 10 km à vol d'oiseau au sud-est du présent projet ;
- des Columbeaux implanté au nord de la commune de Fontenay-sur-Loing, à environ 11 km à vol d'oiseau à l'est du présent projet ;
- de Beaune implanté au centre de la commune de Beaune-la-Rolande, à environ 15 km à vol d'oiseau à l'ouest du présent projet.

Sur le plan technique, le raccordement au poste source se fera par plusieurs liaisons souterraines à 20 000 volts. Le tracé de ces liaisons, implantées dans une tranchée commune, empruntera au maximum les routes et chemins existants. Comme indiqué précédemment, le maître d'ouvrage de ce raccordement ne sera pas le pétitionnaire mais le gestionnaire de réseau de distribution d'électricité local. Le coût du raccordement est néanmoins à la charge de l'exploitant du parc éolien. La construction des lignes électriques souterraines à 20 000 volts se fera conformément aux dispositions de l'article R.323-25 du code de l'énergie.

4.8 La maintenance

L'objectif global des services de maintenance est de veiller au fonctionnement optimal des éoliennes au long de leur fonctionnement, afin qu'elles répondent aux attentes de performance et de fiabilité. On distingue alors deux types de maintenance :

- la maintenance préventive qui permet de veiller au bon fonctionnement du parc éolien, en assurant un suivi permanent des éoliennes pour garantir leur niveau de performance tant sur le plan de la production électrique (disponibilité, courbe de puissance...) que sur les aspects liés à la sécurité des installations et des tiers (défaillance de système, surchauffe...) ; elle est menée suivant un calendrier bien précis tout au long de la vie du parc ;
- la maintenance curative qui est mise en place suite à une défaillance du matériel ou d'un équipement (remplacement d'un capteur, ajout de liquide de refroidissement suite à une fuite, etc.) ; ces opérations sont faites à la demande, dès détection du dysfonctionnement.

4.8.1 Le personnel de maintenance

Conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 Août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, la maintenance est assurée « par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques accidentels [...], ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter ». Le personnel de maintenance « connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours. La réalisation des exercices d'entraînement, les conditions de réalisations de ceux-ci, et le cas échéant les accidents/incidents survenus dans l'installation, sont consignés dans un registre. Le registre contient également l'analyse de retour d'expérience réalisée par l'exploitant et les mesures correctives mises en place ».

Chaque équipe de maintenance dispose d'un local bureau et d'un atelier, des outils nécessaires aux interventions mécaniques et électriques sur les éoliennes, des moyens de protection individuels et de véhicules utilitaires.

Les équipes sont généralement composées d'un chef d'équipe et de plusieurs techniciens dans les domaines de l'électricité, de la mécanique et de la maintenance industrielle, et spécialisés pour l'intervention sur les éoliennes retenues dans le cadre du présent projet.

4.8.2 Arrêts d'urgence

Conformément à l'article 17 de l'arrêté du 26 Août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, « l'exploitant réalise, avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, des essais permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre l'aérogénérateur en sécurité. Ces essais comprennent :

- un arrêt ;
- un arrêt d'urgence ;
- un arrêt depuis un régime de survitesse ou depuis une simulation de ce régime.

Suivant une périodicité qui ne peut excéder 1 an, l'exploitant réalise des tests pour vérifier 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. Les résultats de ces tests sont consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19.

Avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs et des équipements connexes, les installations électriques [...] sont contrôlées par une personne compétente. Par ailleurs elles sont entretenues, elles sont maintenues en bon état et elles sont contrôlées à fréquence annuelle après leur installation ou leur modification. [...]. Les rapports de contrôle des installations électriques sont annexés au registre de maintenance. »

4.8.3 Opérations périodiques de contrôle et systèmes de sécurité

Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 Août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 :

- « Trois mois, puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât de chaque aérogénérateur. Le contrôle de l'ensemble des brides et des fixations de chaque aérogénérateur peut être lissé sur trois ans tant que chaque bride respecte la périodicité de trois ans.
- Selon une périodicité définie en fonction des conditions météorologiques et qui ne peut excéder 6 mois, l'exploitant procède à un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être endommagés, notamment par des impacts de foudre, au regard des limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt spécifiées dans les consignes établies en application de l'article 22 du présent arrêté.
- L'installation est équipée de systèmes instrumentés de sécurité, de détecteurs et de systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation, notamment en cas d'incendie, de perte d'intégrité d'un aérogénérateur ou d'entrée en survitesse.

L'exploitant tient à jour la liste de ces équipements de sécurité, précisant leurs fonctionnalités, leurs fréquences de tests et les opérations de maintenance destinées à garantir leur efficacité dans le temps.

Selon une fréquence qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède au contrôle de ces équipements de sécurité afin de s'assurer de leur bon fonctionnement.

- La liste des équipements de sécurité ainsi que les résultats de l'ensemble des contrôles prévus par le présent article sont consignés dans le registre de maintenance. »

4.8.4 Registre de maintenance

Conformément aux articles 16 et 19 de l'arrêté du 26 Août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, « l'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit.

L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations de maintenance qui doivent être effectuées afin d'assurer le bon fonctionnement de

l'installation, ainsi que les modalités de réalisation des tests et des contrôles de sécurité, notamment ceux visés par le présent arrêté.

L'exploitant tient à jour, pour son installation, un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance qui ont été effectuées, leur nature, les défaillances constatées et les opérations préventives et correctives engagées ».

4.8.5 Démantèlement et remise en état du site

Le démontage des installations est relativement rapide et aisé. Ce démontage est rendu obligatoire depuis la parution de la Loi du 3 janvier 2003, relative aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie. Ceci a été confirmé par la Loi du 2 juillet 2003 « Urbanisme et Habitat » ainsi que la Loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010, portant Engagement National pour l'Environnement.

Cette obligation est inscrite dans le code de l'environnement ; l'article L.515-46 indique que « l'exploitant d'une installation produisant de l'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent ou, en cas de défaillance, la société mère est responsable de son démantèlement et de la remise en état du site, dès qu'il est mis fin à l'exploitation, quel que soit le motif de la cessation de l'activité. Dès le début de la production, puis au titre des exercices comptables suivants, l'exploitant ou la société propriétaire constitue les garanties financières nécessaires. ».

L'article 29 de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, précise les modalités de remise en état du site. Les opérations de démantèlement et de remise en état prévues à l'article R. 515-106 du code de l'environnement comprennent :

- le démantèlement des installations de production d'électricité, des postes de livraison ainsi que les câbles dans un rayon de 10 mètres autour des aérogénérateurs et des postes de livraison ;
- l'excavation de la totalité des fondations jusqu'à la base de leur semelle, à l'exception des éventuels pieux. Par dérogation, la partie inférieure des fondations peut être maintenue dans le sol sur la base d'une étude adressée au préfet, et ayant été acceptée par ce dernier, démontrant que le bilan environnemental du décaissement total est défavorable, sans que la profondeur excavée ne puisse être inférieure à 2 mètres dans les terrains à usage forestier au titre du document d'urbanisme opposable et 1 m dans les autres cas. Les fondations excavées sont remplacées par des terres de caractéristiques comparables aux terres en place à proximité de l'installation ;
- la remise en état du site avec le décaissement des aires de grutage et des chemins d'accès sur une profondeur de 40 centimètres et le remplacement par des terres de caractéristiques comparables aux terres à proximité de l'installation, sauf si le propriétaire du terrain sur lequel est sise l'installation souhaite leur maintien en l'état ».

Des garanties financières devront également être apportées par l'exploitant du futur parc éolien (SAS Éoliennes des Genévriers Nord 1 », « SAS Éoliennes des Genévriers Nord 2 » et « SAS Éoliennes des Genévriers Sud »). D'après l'article 30 de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, le montant des garanties financières mentionnées à l'article R. 515-101 du code de l'environnement est déterminé selon les dispositions suivantes :

Le montant initial (M) de la garantie financière d'une installation correspond à la somme du coût unitaire forfaitaire (Cu) de chaque aérogénérateur composant cette installation :

$$M = \sum (Cu)$$

Où Cu est fixé par les formules suivantes :

- Cu = 50 000 € lorsque la puissance unitaire installée de l'aérogénérateur est inférieure ou égale à 2 MW
- Cu = 50 000 € + 25 000 € * (P-2) lorsque sa puissance unitaire installée de l'aérogénérateur est supérieure à 2 MW. Où P est la puissance unitaire installée de l'aérogénérateur, en mégawatt (MW).

Ce montant est réactualisé par un nouveau calcul lors de leur première constitution avant la mise en service industrielle, puis actualisé tous les 5 ans. L'arrêté préfectoral fixe le montant de la garantie financière (articles 31 et 32 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021).

Le montant prévisionnel de la garantie financière que devra constituer le maître d'ouvrage est ainsi estimé à 2 137 500 €⁵.

4.9 Dispositions constructives

4.9.1 Dispositions réglementaires

L'arrêté du 26 Août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, fixe les dispositions constructives à respecter par l'exploitant qui permettent de diminuer les risques de dysfonctionnement des éoliennes (articles 7 à 11). Ces dispositions sont les suivantes :

- Art. 7. - « Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours. Cet accès est entretenu. Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté. »
- Art. 8. - « 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 [...], ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne [...], permet de répondre à cette exigence. Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de chaque aérogénérateur de l'installation avant leur mise en service industrielle. En outre l'exploitant dispose des justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation. »
- Art. 9. - « L'installation est mise à la terre pour prévenir les conséquences du risque foudre. Le respect de la norme IEC 61 400-24, dans sa version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale [...], permet de répondre à cette exigence. Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la mise à la terre de l'installation avant sa mise en service industrielle. »
- Art. 10. - « L'installation est conçue pour prévenir les risques électriques. [...] Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. Pour les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur, le respect des normes NF C 15-100, NF C 13-100 et NF C 13-200, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale [...], permet de répondre à cette exigence. Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de l'installation pour prévenir les risques électriques, avant sa mise en service industrielle. »
- Art. 11. - « Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile. »

4.9.2 Sécurité de l'installation

L'objectif de ce paragraphe est de montrer que l'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité. La description des différents systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, au chapitre 7.

Conformité par rapport aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, relatif aux installations soumises à autorisations au titre de la rubrique 2980 des ICPE. Seuls les articles en lien direct avec la sécurité sont mentionnés ci-après.

Conformité par rapport à l'article 3 et à l'Article L515-44 du Code de l'Environnement - Distance par rapport aux tiers

Les 15 aérogénérateurs sont situés :

⁵ Estimation maximale basée sur le modèle d'éolienne Nordex N163 (5,7 MW).

- à plus de 500 m de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 et ayant encore cette destination dans les documents d'urbanisme en vigueur ;
- à plus de 300 mètres d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 mai 2000 en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables.

Conformité par rapport à l'article 4 - Radars et systèmes d'aide à la navigation

Radars

Les éoliennes de Genévriers sont situées à une distance supérieure à 30 km du radar le plus proche utilisé dans le cadre des missions de sécurité météorologique des personnes et des biens. Cette distance respecte la distance minimale d'éloignement imposée par l'arrêté du 26 août 2011 (30 km).

Concernant l'Aviation Civile, le courrier datant du 30 mars 2021 ne fait pas mention de la proximité d'un radar pouvant remettre en cause le projet.

Servitudes aéronautiques

Le courrier du 30 mars 2021 de l'Aviation Civile susmentionné précise que « *le projet se situe en dehors de toute servitude aéronautique ou radioélectrique associée à des installations civiles {...} et ne sera pas gênant au regard des procédures de circulation aériennes publiées [...]* »

Le courrier de l'Armée de l'air du 21 février 2018 confirme que le site éolien des Genévriers est compatible avec les servitudes de l'Armée. En effet, les éoliennes E1 à E4 sont situées au sein d'un secteur VOLTAC dont la portion concernée est considérée favorable au développement de l'éolien d'un point de vue opérationnel.

Dans tous les cas, la conformité du projet de parc éolien des Genévriers avec les servitudes radars sera confirmée ou infirmée par les avis émis par le ministère de la défense (Armée de l'air), la DGAC et Météo France lors de l'instruction officielle du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale exigée par l'article R.181-32 du code de l'environnement.

Conformité par rapport à l'article 5 - Effets liés aux ombres des éoliennes

La réglementation au titre de l'ICPE impose une étude pour tout bureau situé à moins de 250 m d'une éolienne. Aucun bureau n'est identifié dans un tel rayon autour des aérogénérateurs.

Conformité par rapport à l'article 6 - Champs magnétiques

Les caractéristiques des machines utilisées sur le site du parc éolien des Genévriers permettront d'éviter que les habitations voisines du projet ne soient exposées à un champ magnétique, émanant des éoliennes, supérieur à 100 micro teslas à 50-60Hz. En outre, l'ensemble du réseau électrique enterré est protégé par des gaines limitant la diffusion des ondes.

Conformité par rapport à l'article 13 - Accès installation

Les personnes étrangères au site n'auront pas accès à l'intérieur des éoliennes, ces dernières étant fermées à clefs tout comme les postes de livraison.

Conformité par rapport à l'article 14 - Consignes de sécurité

Chaque aérogénérateur est identifié par un numéro, affiché en caractères lisibles sur son mât. Les prescriptions à observer par les tiers seront affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur les postes de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :

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

Conformité par rapport à l'article 15 - Compétence du personnel

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

La réalisation des exercices d'entraînement, les conditions de réalisations de ceux-ci, et le cas échéant les accidents/incidents survenus dans l'installation, sont consignés dans un registre. Le registre contient également l'analyse de retour d'expérience réalisée par l'exploitant et les mesures correctives mises en place.

Conformité par rapport à l'article 16 - Matériaux combustibles ou inflammables

L'entreposage de ce type de matériaux est interdit dans les éoliennes.

Conformité par rapport à l'article 17 - Phases d'essais

Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalisera des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent :

- un arrêt ;
- un arrêt d'urgence ;
- un arrêt depuis un régime de survitesse ou une simulation de ce régime.

Suivant une périodicité qui ne pourra excéder un an, l'exploitant réalisera 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. Les résultats de ces tests sont consignés dans le registre de maintenance.

Conformité par rapport à l'article 18 - Contrôles

Trois mois, puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât de chaque aérogénérateur. Le contrôle de l'ensemble des brides et des fixations de chaque aérogénérateur peut être lissé sur trois ans tant que chaque bride respecte la périodicité de trois ans.

Selon une périodicité définie en fonction des conditions météorologiques et qui ne peut excéder 6 mois, l'exploitant procède à un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être endommagés, notamment par des impacts de foudre, au regard des limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt.

L'installation est équipée de systèmes instrumentés de sécurité, de détecteurs et de systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation, notamment en cas d'incendie, de perte d'intégrité d'un aérogénérateur ou d'entrée en survitesse.

L'exploitant tient à jour la liste de ces équipements de sécurité, précisant leurs fonctionnalités, leurs fréquences de tests et les opérations de maintenance destinées à garantir leur efficacité dans le temps.

Selon une fréquence qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède au contrôle de ces équipements de sécurité afin de s'assurer de leur bon fonctionnement.

La liste des équipements de sécurité ainsi que les résultats de l'ensemble des contrôles prévus sont consignés dans le registre de maintenance.

Conformité par rapport aux articles 20 et 21 - Traitement des déchets

Les déchets générés par l'exploitation seront éliminés dans des centres adéquats. L'exploitant s'assure que les installations utilisées pour cette élimination sont régulièrement autorisées à cet effet. Aucun déchet ne sera brûlé à l'air libre.

Les déchets non dangereux et non souillés par des produits toxiques ou polluants sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées.

Conformité par rapport à l'article 22 - Consignes de sécurité

Des consignes de sécurité sont déjà établies et portées à connaissance du personnel. Elles indiqueront :

- les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ;
- les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt ;
- les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;

- les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours
- le cas échéant, les informations à transmettre aux services de secours externes

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

Conformité par rapport à l'article 23 - Mise en œuvre des procédures

En cas de détection d'un fonctionnement anormal notamment en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse d'un aérogénérateur, l'exploitant ou une personne qu'il aura désigné et formé est en mesure :

- de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées à l'article 22 dans un délai maximal de 60 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur ;
- de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.

Conformité par rapport à l'article 24 - Moyen de lutte contre l'incendie

Chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte et de prévention contre les conséquences d'un incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur (cf. chapitre 7.6.2), composé a minima de deux extincteurs placés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils sont positionnés de façon bien visible et facilement accessibles. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre.

Rappelons en outre que la majeure partie de l'éolienne est constituée de matériaux non inflammables (mât en acier et fondation en béton, machines, freins, génératrice (...) en métal), et que les seuls composants inflammables sont les pales du rotor et la cabine (matière plastique renforcée de fibres de verre), les câbles et petites pièces électriques, les huiles mécaniques (combustibles mais non inflammables), les tuyaux et autres petites pièces en matière plastique et les accumulateurs.

Conformité par rapport à l'article 25 - Protection contre la projection de glace

Chaque éolienne sera équipée d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur (cf. chapitre 7.6.2). En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur est mis à l'arrêt dans un délai maximal de soixante minutes. L'exploitant définit une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales.

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

5 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

5.1	Potentiels de dangers liés aux produits	62
5.1.1	Les produits mobilisés	62
5.1.2	Les potentiels de dangers liés à ces produits.....	62
5.2	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	62
5.3	Réduction des potentiels de dangers à la source.....	63
5.3.1	Principales actions préventives	63

La Circulaire du 10 mai 2010⁶ définit le potentiel de danger (ou “source de danger”, ou “élément dangereux”, ou “élément porteur de danger”) comme « un système (naturel ou créé par l'homme) ou disposition adoptée et comportant un (ou plusieurs) ” danger(s) ” ». Un réservoir de liquide inflammable est par exemple porteur du danger lié à l'inflammabilité du produit contenu.

La libération de tout ou partie de ce potentiel constitue un « phénomène dangereux » ; le même glossaire indique en effet que « la libération d'énergie ou de substance produisant des effets [...] susceptibles d'infliger un dommage à des cibles vivantes ou matérielles sans préjuger l'existence de ces dernières » est un phénomène dangereux. Le phénomène dangereux est « une source potentielle de dommage, [...] une libération de tout ou partie d'un potentiel de danger ».

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

L'ensemble des causes externes à l'installation pouvant entraîner un phénomène dangereux, qu'elles soient de nature environnementale, humaine ou matérielle, seront pour leur part traitées dans l'Analyse Préliminaire des Risques (Cf. Chapitre 7).

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.

Pour autant, des produits potentiellement dangereux sont utilisés pour assurer le bon fonctionnement, la maintenance et l'entretien des aérogénérateurs du parc éolien des Genévriers. Il s'agit de :

- fluides et lubrifiants nécessaires au bon fonctionnement des installations (graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour systèmes de freinage, liquides de refroidissement, etc.), qui une fois usagés sont traités en tant que déchets d'activités économiques dangereux ;
- produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyeurs...) et les déchets d'activités économiques non dangereux associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage, etc.).

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

5.1.1 Les produits mobilisés

Les substances ou produits chimiques mis en œuvre lors de la phase d'exploitation sont détaillés ci-après. Les volumes indiqués sont ceux généralement mobilisés pour le gabarit d'éoliennes retenu pour équiper le présent projet.

- Les lubrifiants :
 - fluides hydrauliques : 50 à 300 L (grande variabilité selon les modèles) ;
 - huile de lubrification pour le multiplicateur pour la Nordex 163 : 800 à 1 200 L ;
 - huiles de lubrification pour les engrenages des systèmes d'orientation des pales et de la nacelle : environ 100 L ;
 - huile pour le transformateur (cas des modèles à bain d'huile) : environ 1 000 L ;
 - graisses (engrenages, roulements, paliers, systèmes d'entraînements) : < 60 kg.

⁶ Circulaire du 10/05/10 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.

- Les liquides de refroidissement, généralement composés d'un mélange d'eau et d'éthylène glycol ou de propylène glycol : < 200 L. À noter que le multiplicateur (cas de la nordex 163) est généralement associé à un circuit de refroidissement à huile. Les volumes de ce circuit sont comptés dans les 800 à 1 200 L cités précédemment.
- L'hexafluorure de soufre (SF₆), gaz isolant des cellules de protection électrique : < 5 kg.
- Les produits de nettoyage et d'entretien : solvants, dégraissants, nettoyeurs, décapants, etc. : ils représentent des quantités limitées (quelques litres au plus).

5.1.2 Les potentiels de dangers liés à ces produits

Les huiles et graisses présents dans les éoliennes sont des produits ne présentant pas de toxicité particulière pour l'Homme. Le principal risque porte sur leur caractère combustible lorsqu'ils sont mis en contact d'une forte source de chaleur (flamme par exemple) ; ils sont alors susceptibles d'entretenir et d'aggraver un incendie déclaré dans les installations du parc. La combustion de ces lubrifiants sera également à l'origine d'émission de fumées toxiques pouvant être dangereuses en cas d'inhalation directe et prolongée.

Les liquides de refroidissement ont également des propriétés combustibles avec des conséquences similaires à celle des lubrifiants : entretien et propagation d'un incendie et émission de fumées toxiques. Les composés à base d'éthylène glycol sont par ailleurs oxydants et peuvent causer des irritations en cas de contact direct.

Concernant ces différents fluides (huiles et liquides de refroidissement), elles sont susceptibles de présenter un risque pour l'environnement en cas de déversement accidentel. Le danger inhérent à un tel scénario est une pollution des eaux souterraines, de surface et des milieux aquatiques. Cette pollution peut également affecter la santé humaine dès lors que ces eaux sont captées pour l'alimentation en eau potable. Pour autant, un tel événement implique l'existence de captages d'eau potable ou de périmètres de protection associés au droit du site ainsi que l'infiltration d'un volume notable de polluants.

Enfin, le gaz SF₆ n'est pas un gaz toxique pour l'Homme bien que, de par son caractère inerte, il puisse devenir suffocant à haute concentration. Néanmoins, au vu des volumes présents dans les installations et compte tenu de la bonne ventilation des équipements contenant ce gaz, un tel risque est considéré comme négligeable.

Ainsi, il est possible de conclure que les produits présents dans les éoliennes ne présentent pas de réels dangers pour la santé humaine hormis lorsqu'ils sont associés à un incendie (entretien, propagation et fumées toxiques) ou en cas de contamination d'eaux destinées à l'alimentation en eau potable.

Nota : les dangers potentiels des produits précités sur l'environnement (hors santé humaine) sont analysés dans l'étude d'impacts du projet (sections relatives aux incidences et aux mesures en cas d'accidents ou catastrophes majeurs).

5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Le fonctionnement du parc éolien des Genévriers peut être synthétisé à travers les opérations suivantes :

- production d'électricité ;
- transformation d'électricité ;
- transport d'électricité.

Les potentiels de dangers identifiés dans cette partie vont correspondre à des sources de dangers liées au dysfonctionnement des équipements ou des éléments de l'éolienne lors des opérations mises en œuvre.

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien des Genévriers 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 ;
- échauffement de pièces mécaniques ;
- courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Les potentiels de dangers liés aux équipements et aux opérations du parc éolien des Genévriers sont listés dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement du parc éolien des Genévriers

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Échauffement des pièces mécaniques et flux thermique
Pale	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Énergie cinétique d'éléments de pales
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Énergie 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	Énergie cinétique de projection
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Énergie cinétique de projection
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Énergie cinétique de chute

5.3 Réduction des potentiels de dangers à la source

5.3.1 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.

5.3.1.1 Réduction des dangers liés aux produits

Les quantités de produits utilisés pour le bon fonctionnement des installations (lubrifiants, liquides de refroidissement, gaz isolant) ne peuvent être diminuées et ils ne peuvent faire l'objet de substitution.

Pour autant :

- les équipements renfermant de l'hexafluorure de soufre (SF₆) sont ventilés, ce qui évite toute concentration de ce gaz inerte - et donc de risque de suffocation - en cas de fuite ;
- les différents composants renfermant des lubrifiants ou du liquide de refroidissement sont :
 - pourvus de systèmes d'étanchéité (joints) faisant l'objets de contrôles réguliers suivant un calendrier de maintenance et des procédures établis au regard de la réglementation en vigueur ;
 - équipés de bacs collecteurs spécifiques ou dont le rôle est joué par l'habillage de la machine (moyeu, nacelle, plateforme supérieure du mât).

Ces dispositifs permettent de réduire le risque d'infiltration et de contamination des eaux du site (enjeu relatif à l'alimentation en eau potable notamment).

Les produits de nettoyage de type solvant, classés comme dangereux pour l'environnement peuvent quant à eux potentiellement faire l'objet de substitution. On rappelle cependant que ces produits ne sont utilisés que de manière ponctuelle et ne sont pas présents sur le site.

La réduction des dangers liés aux produits dépend donc essentiellement de la bonne maintenance des appareils et du respect des règles de sécurité. Une attention particulière devra également être portée au transport des lubrifiants sur le site et à leur évacuation lors des phases de renouvellement. Les déchets polluants et toxiques doivent être éliminés conformément au code de l'environnement et à l'arrêté du 26 aout 2011. Les déchets non polluants doivent être recyclés ou réutilisés.

5.3.1.2 Réduction des dangers liés aux installations

5.3.1.2.1 Choix de l'implantation de l'installation

Comme vu au chapitre 3, le site d'implantation du projet, matérialisé ici par la zone d'étude des dangers, s'inscrit en retrait de plusieurs facteurs de risques :

- aucun réseau ou canalisation de gaz, d'électricité et d'hydrocarbures, aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement ni aucune Installation Nucléaire de Base ne sont présents à moins de 500 m des mâts ;
- le site concerne un secteur dépourvu de sensibilités particulières vis-à-vis des risques naturels identifiés. Ceux-ci ne présentent en effet pas un niveau d'aléa ni une fréquence d'apparition rendant le territoire particulièrement à risques pour l'implantation d'éoliennes ;
- le site concerne un secteur dépourvu de sensibilités particulières vis-à-vis des risques naturels et technologiques identifiés. Ceux-ci ne présentent en effet pas un niveau d'aléa ni une fréquence d'apparition rendant le territoire particulièrement à risques pour l'implantation d'éoliennes. Ce constat peut être étendu au risque de déstabilisation des aérogénérateurs lié à l'aléa retrait-gonflement des argiles ou à l'aléa relatif aux inondations de cave. En effet, il existe pour les installations éoliennes des techniques de construction adaptées et éprouvées permettant l'implantation et l'exploitation d'aérogénérateurs en terrains instables : fondations reposant sur un réseau de micropieux descendant à plusieurs mètres sous l'ouvrage, remplacement des couches de terrains instables par des matériaux insensibles à la déformation, etc. ;

Par ailleurs, l'absence d'établissements recevant du public au sein de la zone d'étude des dangers ainsi que la situation des machines au-delà du recul minimal de 500 m vis-à-vis des habitations (716 m au plus près) réduisent d'autant plus le risque de mise en dangers des populations riveraines en cas d'évènement accidentel.

5.3.1.2.2 Choix des caractéristiques des éoliennes

A) Classe de vent

Le modèle d'aérogénérateur retenu pour équiper le parc éolien des Genévriers répondra à la norme internationale IEC 61400-1 qui distingue différentes classes de vent (I, II, III, IV et S) au regard de paramètres locaux tels que la vitesse moyenne sur une année, l'intensité des turbulences à 15 m/s, ou encore la vitesse de la plus forte rafale (durée d'au moins 3 secondes) sur une période de 50 ans.

Chaque modèle d'éolienne mis sur le marché est associé à cette classification ce qui signifie que ses caractéristiques techniques (conception, dimensionnement, capacités de résistance aux contraintes, etc.) sont adaptées à la classe de vent qui lui est attribuée et qui caractérise chaque site éolien.

Dans le cadre du projet de parc éolien des Génévriers, les mesures de vent effectuées sur le site ont permis de caractériser la classe de vent des éoliennes qui équiperont l'installation. **Ceci permet de s'assurer que les machines sélectionnées sont adaptées au régime éolien du site, limitant ainsi les risques d'accidents liés à un choix de turbines sous-dimensionnées (usure prématurée, casse, etc.).**

5.3.1.3 Réduction des dangers liés au personnel intervenant sur le site

Afin de réduire les risques d'accident du travail, tout le personnel amené à intervenir sur les éoliennes sera équipé avec le matériel nécessaire et suivra une formation spécifique. Celle-ci concernera l'intervention sur les éléments électriques fonctionnant à haute tension, le risque incendie et les travaux en hauteur. Le personnel sera habilité à intervenir sur un départ de feu avec les extincteurs.

6 ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

Dans ce chapitre, seront présentés les incidents et accidents survenus dans la filière éolienne.

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

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

6.1	Inventaire des accidents et incidents en France	68
6.2	Inventaire des accidents et incidents à l'international	68
6.3	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expériences	70
6.3.1	Analyse de l'évolution des accidents en France	70
6.3.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	70
6.3.3	Limites de l'étude de l'accidentologie.....	70

6.1 Inventaire des accidents et incidents en France

Un inventaire des incidents et accidents survenus en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien des Génévriers.

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

- rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- base de données ARIA du Ministère du Développement durable (<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>) ;
- 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, la base de données actuelle apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 120 incidents⁷ a pu être recensé entre 2000 et août 2020 (voir tableau détaillé en Annexe 10.2). Ce tableau de travail s'appuie sur l'inventaire réalisé dans le cadre de l'élaboration du Guide de l'INERIS⁸ (événements recensés entre 2000 et 2011), complété par le bureau d'études Abies pour les événements recensés entre 2011 et août 2020.

Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens (construits avant 2011) ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques.

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et août 2020. **Cette synthèse exclut les accidents du travail 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, projection de pale ou d'éléments du rotor, chute de pale ou d'éléments du rotor/nacelle, incendie et fuite d'huile, par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur foncée ;
- la répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur claire.

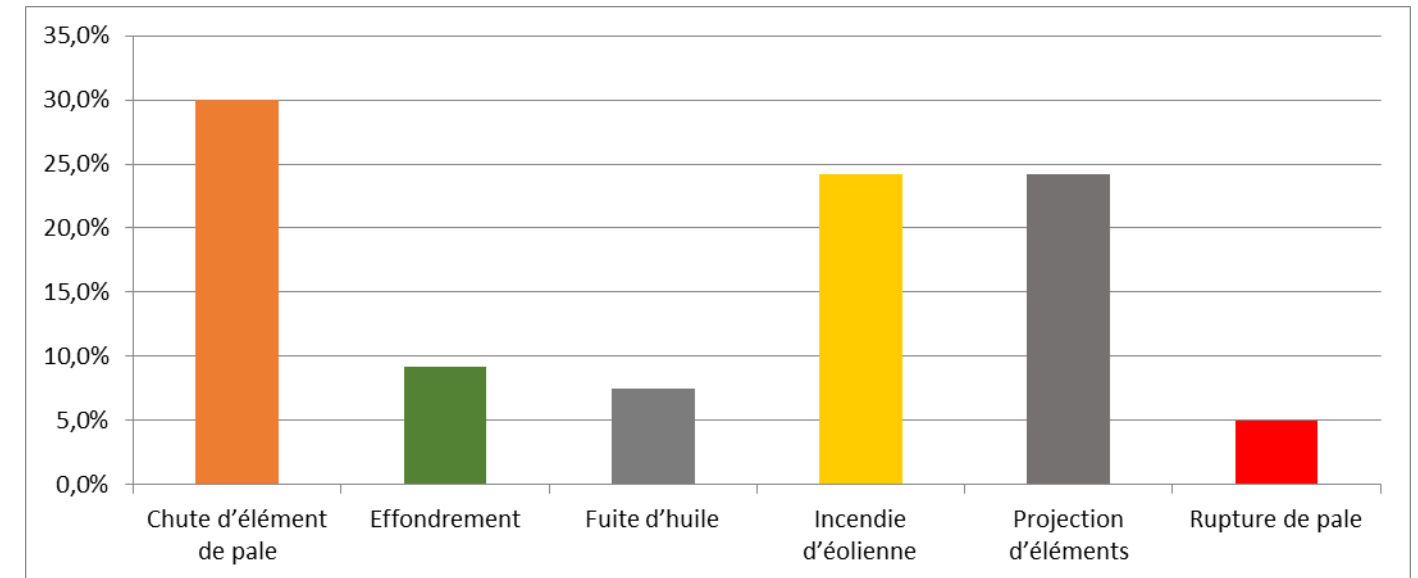


Figure 8 : Répartition des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2020

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les chutes de pale ou d'éléments, les projections de pale ou d'éléments du rotor, les incendies, les effondrements et les fuites d'huile. Les principales causes de ces accidents sont les tempêtes et les défaillances matérielles (incluant les incidents électriques).

6.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international

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

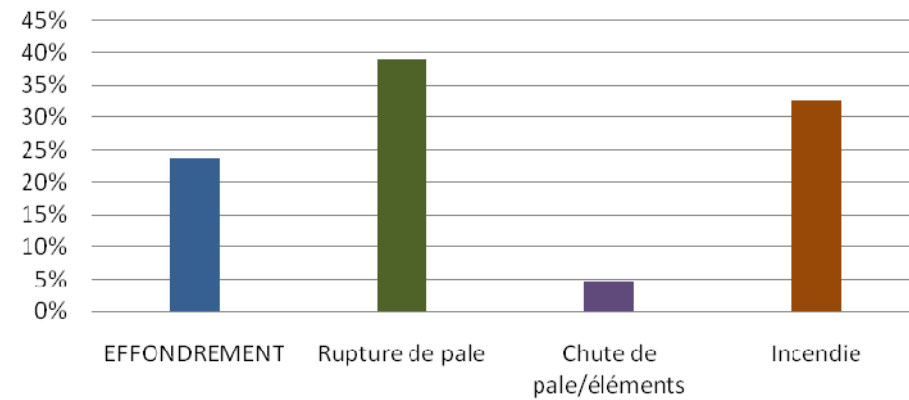
La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF), collectif écossais indépendant. Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernent plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

Le graphique ci-après montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.

⁷ Un même événement peut inclure plusieurs incidents. Par exemple, un incendie entraînant une chute d'éléments.

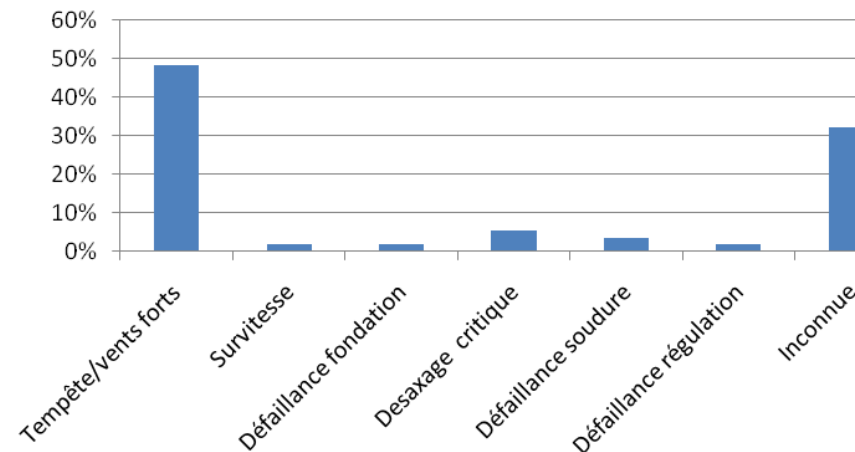
⁸ Inventaire validé par les membres du groupe de travail formé par des exploitants et des constructeurs.

Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

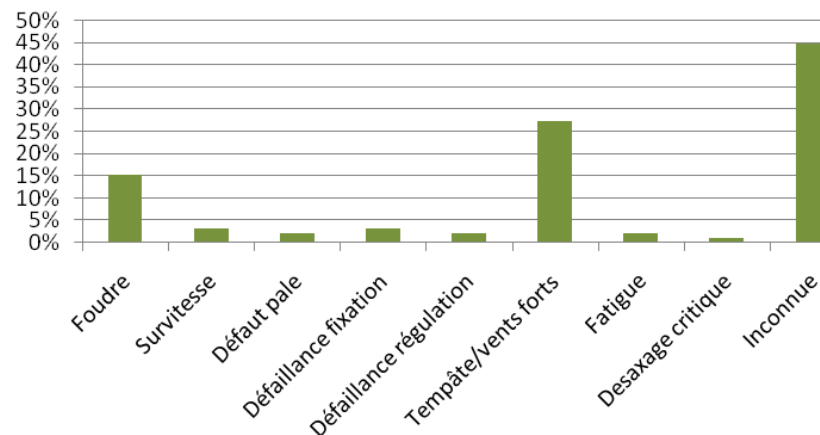


Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour les trois principaux événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

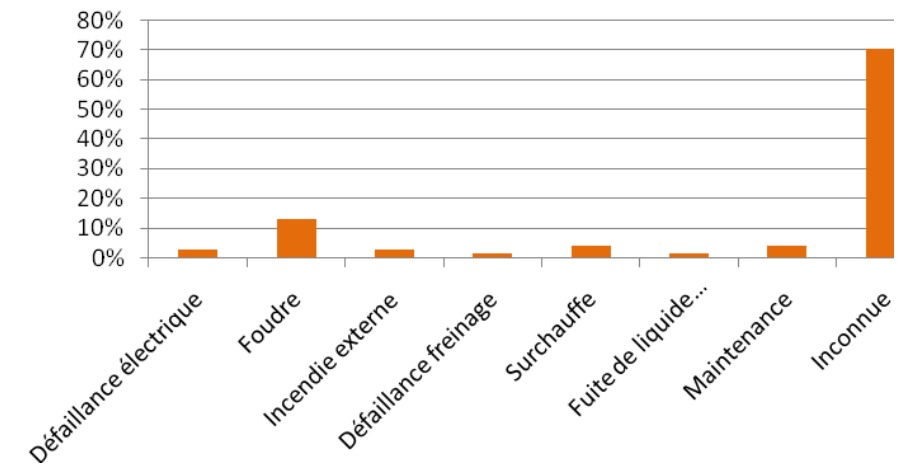
Répartition des causes premières d'effondrement



Répartition des causes premières de rupture de pale



Répartition des causes premières d'incendie



Tout comme pour le retour d'expérience français, ce retour d'expérience montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents. Notons toutefois que :

- la majorité des causes d'accidents sont inconnues ;
- cet inventaire à l'échelle internationale est ancien (entre 2000 et 2011) et une mise à jour des données est complexe compte tenu de la difficulté à disposer de données exhaustives et issues de sources fiables.

Pour autant, et comme en fait état le Tableau 45 au chapitre 10.2, le bureau d'étude Abies a complété ce recensement des accidents survenus sur la séquence 2012-2020. Parmi les 20 accidents recensés entre 2012 et 2020 :

- 40 % sont liées à la chute d'élément/chute de pale (8 accidents) ;
- 35 % sont liées à des incendies (7 accidents) ;
- 20 % sont liés à la projection de pale (4 accidents) ;
- 5% à une fuite d'huile (1 accident).

On constate que les accidents présentant le plus de récurrence demeurent « les chutes de pale/d'élément », les « incendies », et la « projection de pale ». Parmi les causes connues de ces accidents, sont identifiés :

- Pour la chute d'élément/chute de pale :
 - 3 accidents sont liés au feu des nacelles dont deux liés à une défaillance électrique et un d'origine criminelle ;
 - 1 lié à une tempête (rafale de vent) ;
 - 2 accidents liés à des dysfonctionnement d'éolienne dont la rupture d'un point d'attache semble être la cause ;
 - 1 acte de malveillance probablement d'origine criminelle.

Il est à noter que la moitié des chutes d'éléments sont corrélés aux incendies qui se sont tous développés dans la nacelle. Ils restent majoritairement liés à des dysfonctionnement électriques.

- Pour les incendies,
 - la plupart de ceux-ci (6 accidents sur 8) ont pour cause une défaillance électrique au niveau de la nacelle/armoire électrique ;
 - 1 accident lié à un acte malveillant et un autre d'origine inconnu sont relevés.

Les défaillances électriques au niveau de la nacelle sont les causes principales d'incendies.

- Pour les accidents liés à la projection de pale :

- 1 accident reste d'origine inconnue ;
- 2 sont lié à la tempête ;
- 1 est lié à un défaut de composant lors d'une tempête.

Les principales causes des projections de pale sont liées aux tempêtes et aux défaillances des systèmes de sécurité lors de ces événements violents.

Globalement, différentes fonctions de sécurité ou de maintenance tels qu'indiquées en 7.6.2 auraient pu permettre de prévenir ce type d'accident. Parmi celles-ci, il peut être fait référence :

- Pour les défaillances électriques pouvant provoquer des incendies qui eux-mêmes peuvent engendrer la chute d'éléments/pales :
 - A la prévention des courts-circuits notamment par la coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique (fonction de sécurité n°5) ;
 - A l'équipement par des systèmes de capteurs de température des principaux composants de l'éolienne et le contrôle de leur bon fonctionnement (fonction de sécurité n°7 et n°10) ;
- Pour les dysfonctionnement d'éolienne par rupture de point d'attache pouvant être à l'origine de chute d'éléments/de pale :
 - A la prévention des défauts d'assemblage par des contrôles réguliers des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) et à la mise en place de procédures qualités (fonction de sécurité n°9) ;
 - A la prévenir des erreurs de maintenance (fonction de sécurité n°10) ;
- Pour les tempêtes pouvant provoquer des projections d'éléments de l'éolienne :
 - A la prévention des risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (fonction de sécurité n°11)
- Enfin, pour les fuites d'huile, à la mise en place de détecteurs de niveau d'huile, d'opération de vidange et de procédures spécifiques, (fonction de sécurité n°8).

6.3 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expériences

6.3.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

À 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.

Le nombre d'accidents recensés chaque année sur la période 2000 - 2018⁹ varie entre 0 et 8 événements à l'exception de l'année 2018 où il atteint 14 accidents.

Ces statistiques sont faibles au regard de l'augmentation du nombre d'éoliennes installée sur cette période. En effet, depuis 2005, l'énergie éolienne s'est fortement développée en France, passant d'environ 700 machines en fonctionnement à près de 7 400 turbines au mois de décembre 2018 (valeur estimée). Pour autant, le nombre d'incidents par an reste relativement constant et faible (entre 0 et 14 par an).

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, ainsi que par des procédures de maintenances adaptées aux risques encourus.

⁹ Hors accidents du travail et événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. L'année 2019 a été exclue car l'inventaire réalisé ne porte pas sur l'année complète (de janvier à juin seulement).

6.3.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

- effondrements ;
- projection de pales et d'éléments du rotor ;
- chutes de pales et d'éléments (rotor et nacelle) ;
- incendie.

6.3.3 Limites de l'étude 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 comportent des incertitudes importantes

7 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'objectif de cette partie est de guider le lecteur dans la réalisation de sa propre analyse de risque. Les outils d'analyse des risques sont nombreux : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticités (AMDEC), Analyse Préliminaire des Risques (APR), Hazard and Operability Study (HAZOP), etc. Dans son guide, l'INERIS propose l'utilisation de la méthode d'Analyse Préliminaire des Risques qui est souple d'utilisation, adaptée et plus facile à mettre en œuvre et à instruire dans le contexte des éoliennes.

7.1	Objectif de l'Analyse Préliminaire des Risques	74
7.2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	74
7.3	Recensement des agressions externes potentielles.....	74
7.3.1	Agressions externes liées aux activités humaines	74
7.3.2	Agressions externes liées aux phénomènes naturels	75
7.4	Scénarios étudiés dans l'Analyse Préliminaire des Risques	75
7.5	Effets dominos	78
7.6	Mise en place des mesures de sécurité.....	78
7.6.1	Définitions	78
7.6.2	Les mesures	79
7.6.3	Systèmes de contrôle et d'acquisition de données.....	89
7.7	Conclusion de l'Analyse Préliminaire des Risques.....	90

7.1 Objectif de l'Analyse Préliminaire des Risques

L'Analyse Préliminaire 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) basée sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

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

7.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

Comme cela est précisé dans la circulaire du 10 mai 2010, les événements initiateurs (ou agresseurs externes) suivants sont **exclus de l'analyse des risques** :

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

D'autre part, plusieurs autres agressions externes qui ont été détaillées dans l'état initial (Cf. Chapitre 3) 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.

Ainsi, au vu des différents éléments cités :

- le risque d'inondation lié à l'aléa remontée de nappes est exclu de l'analyse des risques. Pour rappel, les emprises de E13 à E15 et les abords de E1, E7, E9 et E10 sont inscrites en zones potentiellement sujettes aux inondations de caves. À noter que les fondations des éoliennes sont systématiquement dimensionnées pour faire face à ce type aléa. En effet, en cas de risque de remontée de nappe avéré suite aux conclusions des études géotechniques réalisées en amont des travaux de construction, les fondations des éoliennes sont adaptées dans leur gabarit et leur structure (ferraillage et béton) ; on parle alors de fondations "en eau" capables de contrer la poussée d'Archimède dont le risque est la potentielle déstabilisation des aérogénérateurs.
- L'aléa retrait et gonflement des argiles est également exclu de l'analyse des risques. En effet, il existe pour les installations éoliennes des techniques de construction adaptées et éprouvées permettant l'implantation et l'exploitation d'aérogénérateurs en terrains instables : fondations reposant sur un réseau de micropieux descendant à plusieurs mètres sous l'ouvrage, remplacement des couches de terrains instables par des matériaux insensibles à la déformation, etc. ;

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. Par exemple, un séisme peut endommager les fondations d'une éolienne et conduire à son effondrement.

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

Les « agresseurs potentiels liés aux activités humaines » ont été identifiés aux chapitres 3.13.33.3 de la présente étude. Le tableau suivant synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines non exclues de l'analyse des risques. La colonne « Distance maximale » indique la distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel :

Tableau 12 : Principales agressions externes liées aux activités humaines retenues pour l'Analyse Préliminaire des Risques

Infrastructure	Fonction	Évènement redouté	Danger potentiel	Distance maximale	Distance à l'éolienne la plus proche
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Énergie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Les 15 éoliennes se trouvent à moins de 200 m de routes et sentiers existants
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Énergie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 000 m	Aucun aérodrome recensé dans un périmètre de 2 000 m ¹⁰

¹⁰ Source : Géoportail, utilisation de la couche « Aéroports et aérodromes ».

Infrastructure	Fonction	Évènement redouté	Danger potentiel	Distance maximale	Distance à l'éolienne la plus proche
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Aucune ligne THT recensée dans un périmètre de 200 m
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Énergie cinétique des éléments projetés	500 m	Aucun aérogénérateur externe au parc des Genévriers dans un rayon de 500 m

Agressions externes *non retenues* dans le cadre du parc éolien des Genévriers.

Les agressions externes potentielles retenues liées aux activités humaines portent sur la proximité de voies carrossables (distance inférieure à 200 m) avec, en cas de sortie de route de véhicules, un risque de collision avec le mât de l'éolienne susceptible de fragiliser la structure ou d'initier un départ de feu.

7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Les « agresseurs potentiels liés aux phénomènes naturels » ont été identifiés au chapitre 3.2 de la présente étude. Ils sont regroupés dans le tableau suivant.

Tableau 13 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels retenues pour l'Analyse Préliminaire des Risques

Agressions externes	Intensité
Vents et tempêtes	Des vents violents dépassant les 85 km/h (23 m/s) balayent ponctuellement le site de Nemours à 10 m d'altitude. La plus forte rafale enregistrée s'élevait à 34 m/s.
Gel	Les épisodes où les températures descendent en dessous de 0°C sont fréquents sur le secteur (54,3 jours en moyenne sur l'année pour lesquels les températures sont inférieures à 0 °C) et s'étalent tout au long de l'année (hors mois de juin, juillet, août et septembre). Ils peuvent parfois être extrêmes avec -13,4°C recensés en février 1985.
Précipitations (pluie, neige, grêle)	Chaque année, il tombe en moyenne près de 687 mm de pluie à proximité du site. Cette valeur est nettement inférieure à la moyenne nationale métropolitaine qui s'élève à 889 mm. 11,9 jours au total font l'objet d'épisodes neigeux et la grêle s'abat en moyenne 2,7 jours par an.
Mouvements de terrains	Les territoires de Courtempierre, Treilles-en-Gâtinais, Mignères et Gondreville ne sont pas concernés par des risques majeurs de mouvements de terrains.
Foudre	La foudre peut frapper en tout point du territoire national, notamment sur le site du projet. Ce phénomène est donc pris en compte bien que le modèle d'éoliennes retenu respectera le standard IEC 61400-24 (Juin 2010) avec notamment des dispositifs de mise à la terre (Cf. détails ci-après).

Agressions externes *non retenues* dans le cadre du parc éolien des Genévriers.

Remarque : Les agressions externes liées à des :

- inondations ;
- incendies de forêt ou de cultures ;
- séismes (aléa très faible sur le secteur d'études) ;

Ne sont pas considérées dans ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même (Source : trame type Étude des Dangers INERIS).

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'Analyse Préliminaire des Risques et dans l'étude détaillée des risques dès lors qu'il est vérifié que la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 ci-après.

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

7.4 Scénarios étudiés dans l'Analyse Préliminaire des Risques

Une fois recensés les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux, 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 en page suivante présente une analyse générique des risques. Celui-ci est construit de la manière suivante :

- une description des causes et de leur séquençage (événements initiateurs et événements intermédiaires) ;
- une description des événements redoutés centraux qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- une description des fonctions de sécurité permettant de prévenir l'évènement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux ;
- une description des phénomènes dangereux dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- une évaluation qualitative de l'intensité 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 situées sur les parcelles cultivées ou sur les chemins et les routes.

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'Analyse Préliminaires des Risques sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'évènements redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expériences (« 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).

Tableau 14 : Analyse générique des risques concernant un parc éolien

N°	Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	Évènement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
« G » les scénarios concernant la glace						
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 face aux enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace face aux enjeux	2
« I » les scénarios concernant l'incendie						
I01	Humidité/Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice Pièce défectueuse Défaut de lubrification	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques défavorables	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
« F » les scénarios concernant les fuites						
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement d'huile hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Écoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
« C » les scénarios concernant la chute d'éléments de l'éolienne						
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact	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	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	1
C04	Défaut de maintenance - Foudre - Défaut d'un composant	Chute de pale	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N°9) Protection et intervention incendie (N°7)	Impact	1
« P » les scénarios concernant les risques de projection						
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2

N°	Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	Évènement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
P02	Fatigue - Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (n° 11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur de maintenance	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
« E » les scénarios concernant les risques d'effondrement						
E02	Mouvement de terrain	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N° 12)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N° 11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale - mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) Prévenir les erreurs de maintenance (N° 10)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E11	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N° 4)	Impact sur cible	2

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

Nota : Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe, chapitre 10.4, du présent rapport.

7.5 Effets dominos

De manière générale, lors d'un accident majeur sur une éolienne, une possibilité est que les effets de cet accident endommagent d'autres installations. Ces dommages peuvent conduire à un autre accident. Par exemple, la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité peut conduire à des fuites de canalisations de substances dangereuses. Ce phénomène est appelé « effet domino ». Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques générique présenté ci-avant.

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 ». **Au droit de la zone d'étude de danger, aucune installation susceptible d'être endommagée par un accident majeur d'éolienne n'est recensée (absence d'effet domino).**

Dans le cadre des études de dangers éoliennes, l'INERIS a proposé de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres.

Les trois projets de parcs éoliens, bien que traités dans une étude de dangers commune, constituent des tiers les uns par rapport aux autres. Néanmoins, les distances inter-aérogénérateurs, supérieurs à 500 m, et par conséquent, à moins de 100 m de ceux-ci, permettent d'exclure le risque d'effets domino.

Ainsi l'évaluation des effets dominos n'est donc pas nécessaire dans la présente étude.

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 et de leurs conséquences.

Les tableaux suivants présentent les fonctions de sécurité identifiées sur les éoliennes. Ces tableaux sont génériques et constituent un « cahier des charges » des mesures typiques mises en œuvre sur les aérogénérateurs en France. Ils sont précédés de quelques définitions utiles à leur compréhension.

7.6.1 Définitions

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, les aspects relatifs aux fonctions de sécurité qui seront détaillés sont donc les suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-après un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement d'"empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter" et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse préliminaire 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 devront être présentés (détection + traitement de l'information + action). Il n'est pas demandé pour autant de décrire dans le détail la marque ou le fonctionnement de l'équipement considéré, simplement de mentionner leur existence.
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires, pour permettre à l'inspection de comprendre leur fonctionnement.

- **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)** : Il s'agit ici de reporter les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse doivent être 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)** : Il s'agit ici de fournir 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.

7.6.2 Les mesures

7.6.2.1 Présentation des mesures de sécurité prises conformément à la réglementation

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection ou de déduction redondant du givre permettant, en cas de mise en évidence de glace, une mise à l'arrêt de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non. Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (< 60 min), conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %.		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis annuellement conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. et maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques. Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes. Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement.		
Description	/		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Non applicable.		
Efficacité	100 %.		
Tests	Non applicable.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et/ou d'un frein mécanique auxiliaire (frein à disque à commande hydraulique présent sur l'arbre de transmission).		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Temps de détection inférieur à 60 secondes. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %.		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment contrôle de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur selon l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 - 24 (juin 2010). Dispositif de capture + mise à la terre. Parasurtenseurs sur les circuits électriques.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Efficacité	100 %.		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance selon une périodicité qui ne peut excéder 6 mois, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.		

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

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

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite.		
Efficacité	100 %.		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an.		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.). Procédures qualifiées.		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Non applicable.		
Efficacité	100 %.		
Tests	/		
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 de transmission, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis un an après leur mise en service puis tous les 3 ans maximum, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure de maintenance.		
Description	Préconisations du manuel de maintenance. Formation du personnel.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Non applicable.		
Efficacité	100 %.		
Tests	Mise en place d'audits afin de s'assurer des bonnes pratiques ou des inspections pendant les interventions.		
Maintenance	Non applicable.		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes. Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	< 60 secondes.		
Efficacité	100 %.		
Tests	Test de survitesse (préventif annuel).		
Maintenance	Maintenance préventive du système de "pitch" (orientation des pales) et du système de freinage mécanique sur l'arbre rapide.		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Inspection et suivi des données mesurées par les capteurs et sondes présents dans les éoliennes.		
Description	Toutes les pièces de l'éolienne sont protégées contre la corrosion et les autres influences néfastes de l'environnement au moyen d'un revêtement spécial à plusieurs couches. Des contrôles visuels sont réalisés lors des opérations de maintenance. Les données mesurées par les capteurs et les sondes présents dans l'éolienne sont suivies, enregistrées et traitées afin de détecter les éventuelles dégradations des équipements. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, une inspection de l'équipement potentiellement dégradé est réalisée.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA.		
Efficacité	100 %.		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle et entretien des équipements.		

Notamment 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.

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.

7.6.2.2 Focus sur les systèmes de détection de formation de glace selon les modèles envisagés

7.6.2.2.1 Système de détection de glace applicable pour les Nordex

Lorsque ces types de conditions météorologiques se présentent (temps glacial, brouillard avec givre), l'opérateur doit toujours surveiller l'état de l'éolienne. En présence de routes à moins de 421,5 m de l'éolienne, celle-ci doit être arrêté et un redémarrage empêché (directive GL). Le mode d'emploi comprend une note de sécurité correspondante. L'opérateur de la turbine doit mettre en place un panneau indiquant "Lancer de glace" dans un rayon de 300 m autour de l'éolienne.

Chaque éolienne est capable d'identifier indirectement l'accumulation de glace avec ses capteurs standards. A cet effet, il existe trois voies différentes et indépendantes :

- **La détection des déséquilibres et des vibrations** : de manière générale, la glace s'accumule sur les pales du rotor de manière irrégulière et asymétrique. Ces différences de poids sur les pales du rotor provoquent un déséquilibre dans la chaîne cinématique lorsque le rotor tourne. Ce déséquilibre affecte également la nacelle et le mât. Ces anomalies sont détectées par les moniteurs de vibration standard fonctionnant en continu.
- **Identification des paramètres de fonctionnement non plausibles** : chaque paramètre de fonctionnement important est enregistré en continu pendant l'éolienne opération. Les valeurs de vitesse et de puissance du vent sont comparées aux consignes le système de contrôle. En cas d'accumulation de glace, le profil aérodynamique des pales du rotor change très rapidement. La sortie réelle diffère de la sortie de consigne.

L'écart ne doit pas dépasser les tolérances spécifiées. Cette méthode de détection fonctionne également si la glace s'accumule régulièrement et symétriquement, c'est-à-dire qu'aucun déséquilibre ne peut être détecté.

- **Identification des différentes valeurs mesurées par les capteurs de vent** : sur les éoliennes Nordex, chaque vitesse et direction du vent est normalement mesuré par un anémomètre à coupelle et un anémomètre à ultrasons. Le roulement de l'anémomètre à coupelle est chauffé, cependant, de la glace peut se former sur les coupelles. En cas de glace accrétion, la vitesse du vent mesurée diminue. L'anémomètre à ultrasons est également chauffé. Cependant, il mesure toujours la bonne vitesse du vent car il n'a pas de pièces mobiles ou non chauffées. Les valeurs mesurées des deux anémomètres sont constamment comparés. Des écarts importants ou permanents entre les valeurs mesurées indiquent l'accumulation de glace.

Si les deux premières conditions se produisent, l'éolienne est arrêtée. Si la troisième condition se produit, l'éolienne peut être arrêtée automatiquement. Le défaut respectif est toujours signalé à Nordex Remote Monitoring.

En cas de détection de glace sur les pales, un système de détection de glace de pale de rotor peut également être installé. Il s'agit d'un système optionnel pour capturer et analyser les données de mesure pour détecter le givrage au niveau des pales du rotor. Sa fonctionnalité est basée sur la mesure de l'accélération et de la température à l'intérieur de toutes les pales de rotor. En principe, le système de détection de glace détecte les changements dans la masse de la pale du rotor causée par la glace, car cela altère la fréquence normale des pales du rotor.

En cas d'accumulation de glace, L'éolienne réagit à une éventuelle accumulation de glace avec des mesures définies :

- L'éolienne est immédiatement arrêtée en douceur ;
- chaque arrêt d'une éolienne est signalé automatiquement à la télésurveillance. Entre autres, le message d'erreur inclut la cause du défaut ;
- Pendant que l'un de ces états d'erreur est en attente, l'éolienne est protégée contre le redémarrage automatique. Ainsi, le jet de glace peut être exclu ;
- Tous les événements de l'éolienne (par exemple, arrêts et redémarrages) sont enregistrés dans le journal de bord du système de contrôle. Le journal de bord est disponible pour les vérifications.
- Avec la détection de glace de pale de rotor, un redémarrage de l'éolienne peut être activé automatiquement lorsque la glace a fondu à nouveau.

Les risques de chute de glace d'une éolienne à l'arrêt sont les mêmes que ceux qui peuvent provenir de tout autre bâtiment ou arbre. Le lancer de glace est exclu par l'arrêt de l'éolienne. Des panneaux d'avertissement ou des étiquettes adhésives peuvent être installés sur ou près de l'éolienne pour avertir de la chute de glace.

7.6.2.2.2 Système de détection de glace applicable pour Enercon

A) Système de détection givre/glace

Les éoliennes ENERCON sont équipées de série du système de détection de givre/glace selon le procédé des courbes ENERCON. Chaque éolienne peut également être complétée d'un système de détection de glace de la marque Labko.

Des profilés aérodynamiques haut de gamme sont utilisés pour les pales de rotor. Les caractéristiques aérodynamiques de ces profilés sont très sensibles aux modifications des contours et de la rugosité causées par le givre. La modification importante des caractéristiques de fonctionnement qui en résulte pour l'éolienne (rapport vent/vitesse de rotation/puissance/angle de pale) est utilisée par le système de détection de givre/glace.

Chaque éolienne est dotée d'une courbe de référence standard, qui s'adapte automatiquement en cours de fonctionnement au site d'implantation. Pour ce faire, les valeurs moyennes à long terme des rapports de fonctionnement spécifiques à l'installation (vent/puissance/angle de pale) sont établies à partir des mesures effectuées à l'arrière et en dessous de la nacelle, à l'abri des intempéries, dès lors que la température extérieure est supérieure à +2 °C.

Lorsque la température extérieure est inférieure à +2 °C, les données de fonctionnement actuelles sont comparées aux valeurs moyennes, en raison de la possible formation d'un dépôt de glace/givre dans ces conditions de température.

Pour cela, une plage de tolérance, déterminée de manière empirique, est définie autour de la courbe de puissance et de la courbe d'angle de pale en fonction du vent. Ces calculs se basent sur des simulations, des essais et plusieurs années d'expérience sur un grand nombre d'éoliennes de types variés.

- si les données de fonctionnement concernant la puissance ou l'angle de pale sont hors de la plage de tolérance, dans le cadre d'une prise glissante de moyennes, l'éolienne est stoppée avec l'état principal « Ice detection » (système de détection de givre/glace) (fonctionnement à vide). Le type de divergence de la plage de tolérance est également analysé et s'affiche sous forme de sous-état ;
- si la puissance moyenne mesurée se situe sous la fourchette de puissance, cela indique le givrage des pales du rotor. L'éolienne est alors stoppée avec l'état « Ice detection » : Rotor (power measurement) (système de détection de givre/glace : rotor (mesure de puissance)) (fonctionnement à vide).
- si les pales du rotor sont givrées, l'angle de pale est réduit par rapport à des pales de rotor sans glace. Si l'angle de pale moyen mesuré se situe sous la fourchette d'angle de pale, cela indique le givrage des pales du rotor. L'éolienne est alors stoppée avec l'état « Ice detection » : Rotor (système de détection de givre/glace : rotor (mesure de l'angle de pale)) (fonctionnement à vide).

La plage de tolérance est relativement réduite. L'arrêt de l'éolienne intervient ainsi immédiatement au terme de la durée de détection du dépôt de glace/givre.

Le système de détection de givre/glace selon le procédé des courbes ENERCON s'effectue par des capteurs de température indépendants les uns des autres, installés en dessous de la nacelle et au pied du mât. Ils surveillent toute éventuelle défaillance au niveau de ces points de mesure de la température. La plausibilité de toutes les mesures liées à l'éolienne est vérifiée en permanence par le système de contrôle. S'il y a lieu, les valeurs mesurées non plausibles sont interprétées comme étant un dépôt de glace/givre par le système de contrôle pour des raisons de sécurité, même en l'absence de givre.

Étant donné que le rotor doit tourner pour le procédé des courbes et que l'éolienne doit produire de la puissance, ce procédé ne peut détecter les dépôts de glace/givre à l'arrêt. Le démarrage du rotor peut déjà entraîner des projections/chutes de glace. Néanmoins, étant donné que le rotor ne tourne qu'à une vitesse réduite, la glace n'est pas projetée mais tombe comme c'est le cas sur les autres édifices de grande taille.

En cas de dépôt de glace/givre, la fonction de positionnement de la nacelle permet de tourner automatiquement la nacelle de l'éolienne, après que celle-ci ait été arrêtée à cause de la présence de glace/givre, dans une position prédéfinie. Lorsqu'un site se trouve à proximité immédiate d'une rue, d'un chemin ou de bâtiments, le rotor de l'éolienne peut être positionné de sorte à réduire les risques liés aux chutes de glace.

Le système de détection de givre/glace du parc transmet ces informations une fois au moment où le message d'état est généré à l'ensemble des éoliennes de la centrale éolienne.

Chaque éolienne enregistre ces informations dans le système de contrôle et calcule le degré de givrage du parc sous forme de pourcentage. Ce degré de givrage est recalculé à chaque actualisation des informations enregistrées et comparé à la valeur enregistrée dans le système de contrôle de chaque éolienne.

B) Détecteur de glace/givre Labko (en option)

Le détecteur de glace/givre Labko est utilisé exclusivement en complément du procédé des courbes ENERCON. Il se compose de deux appareils, du module de capteur lui-même (capteur Labko) avec dégivrage intégré et point de mesure de la température, et d'une unité de contrôle. Une interface RS232 relie l'unité de contrôle au système de contrôle et transmet l'état du capteur et la température extérieure.

Le capteur Labko est fixé au berceau de l'anémomètre sur la nacelle. L'unité de contrôle située dans la nacelle est protégée des intempéries.

Le fonctionnement du système de détection de glace Labko repose sur la surveillance de la fréquence d'un fil à oscillation fonctionnant dans la plage des ultrasons. L'amortissement de l'oscillation du fil par l'accroissement de la masse dû au dépôt de glace/givre entraîne une modification de l'amplitude de l'oscillation du capteur et ainsi la détection d'un givrage possible via la comparaison avec une valeur limite réglable.

Si un dépôt de glace/givre est détecté, le système de détection prévoit l'activation d'un système de dégivrage du capteur. Ce cycle - détection, dégivrage, refroidissement - dure environ 30 minutes. Le système de détection est

ensuite réinitialisé. Le système de détection de glace Labko permet d'arrêter l'éolienne ou d'empêcher son redémarrage.

C) Redémarrage de l'éolienne

Un redémarrage prématuré manuel ne sera possible que directement sur l'éolienne après avoir procédé au contrôle visuel requis. Le personnel présent sur le site est ainsi responsable des éventuels dangers encourus.

Si le client souhaite que l'éolienne ne redémarre pas automatiquement après avoir été arrêtée suite à un dépôt de glace/givre, le réglage peut être effectué sur le système de contrôle. Dans ce cas, l'éolienne ne sera redémarrée que manuellement.

Sur les éoliennes non équipées du système de dégivrage des pales facultatif, on part du principe que la glace ne peut fondre qu'à des températures extérieures supérieures à +2 °C. Le temps de dégivrage requis, basé sur des valeurs empiriques, est défini en fonction de la température extérieure. Ce temps de dégivrage est mesuré de sorte à réduire autant que possible les risques de chute de glace pendant le redémarrage. Il peut donc s'écouler plusieurs heures avant le redémarrage de l'éolienne, en fonction de la température extérieure.

Lorsque le système de dégivrage des pales est en mode de fonctionnement automatique, l'éolienne est remise en route au terme de la durée de dégivrage, habituellement de 4 heures, en fonction du réglage du paramètre de « Redémarrage automatique suite au système de dégivrage des pales ».

7.6.2.2.3 Système de détection de glace applicable pour une Vestas

L'option Vestas Ice Detection (VID) est un système entièrement intégré dans la turbine, qui arrête le fonctionnement de la turbine (production) lorsque la glace s'est accumulée et que certaines conditions sont remplies. Quand l'événement de glace se termine, la turbine sera remise en production ou en cours de démarrage manuellement.

Le VID comprend un capteur dans chaque pale (exemple : capteur de pale au RXX d'une lame V112) qui est connectés à un boîtier de commande monté sur HUB (Ice Armoire de détection) qui à leur tour sont connectés au contrôleur HUB de la turbine. Le capteur de lame capte les fréquences de vibration de la lame et le système les surveille. Une accumulation de glace modifiera les fréquences de base. Le système fournira des informations sur l'accumulation de glace et arrêtera la turbine lorsque certaines conditions seront remplies (accumulation de glace supérieure au seuil et température est inférieure à 5 °C).

Le jet de glace se produit lorsque les forces centrifuges provoquent le jet de glace au lieu d'une chute de glace qui est l'endroit où la glace tombe lorsque l'éolienne ne tourne pas. La rotation est définie comme > 2 tr/min. Les informations de l'armoire de détection de glace sont transférées à la turbine « contrôler ».

La stratégie de contrôle globale du système VID est continue. La détection de glace sur les pales (au-dessus du seuil) et de certains autres paramètres dont une température inférieure à 5 °C font que la turbine s'arrête. Le système de détection de glace continue mesure sur les pales, et dès qu'il n'y a plus de givre détecté (en dessous du seuil), la turbine est remise en marche. Le niveau de seuil est réglable et toute modification du niveau de seuil sera consignée en conséquence.

Certains systèmes SCADA peuvent être configurés pour fournir une fonction maître-esclave où une turbine peut être liée comme esclave au VID d'une autre turbine. Le temps d'arrêt résultant de celui-ci sera consigné comme provenant de la glace détectée. Cette fonction maître-esclave ne fait pas partie de la certification DNV GL.

Les données sur les niveaux de glace de la turbine principale sont surveillées par SCADA et lorsque le seuil est atteint, les turbines esclaves désignées seront arrêtées.

La stratégie de contrôle est la suivante :

- La ou les turbines maîtresses doivent être surveillées à partir du SCADA pour déterminer si de la glace est détectée (via le signal AP GetIceDetected) ;
- Si de la glace est détectée sur la ou les turbines maîtres, les turbines esclaves associées doivent être arrêtées via le signal de commande AP SetIceDetected, lorsqu'il n'y a plus de glace, la turbine est à nouveau indiquée pour le mode automatique ;
- La sélection entre le mode manuel ou automatique. Pour le mode manuel, la turbine est arrêtée via le signal de commande AP, mais nécessite un démarrage manuel.

7.6.2.3 Préconisations de maintenance en fonction des constructeurs

7.6.2.3.1 Préconisation de maintenance pour les éoliennes Vestas

La liste des opérations à effectuer sur les diverses machines ainsi que leur périodicité est définie par des procédures. Les principaux contrôles effectués au sont présentés au Tableau 15. Ces vérifications sont effectuées au bout de trois mois, puis d'un an de fonctionnement, puis tous les trois ans, conformément à l'arrêté du 26 août 2011. Ces opérations de maintenance courante seront répétées lors de l'inspection après la première année de fonctionnement, puis régulièrement selon le calendrier de maintenance.

Tableau 15 : principaux contrôles effectués sur les éoliennes Vestas

	Composants	Opérations
Inspection après 3 mois de fonctionnement	Etat général	<ul style="list-style-type: none"> Vérification de la propreté de l'intérieur de l'éolienne Vérification qu'aucun matériau combustible ou inflammable n'est entreposé dans l'éolienne (tous les 6 mois, d'après)
	Moyeu	<ul style="list-style-type: none"> Inspection visuelle du moyeu Vérification des boulons entre le moyeu et les supports de pale* Vérification des boulons maintenant la coque du moyeu
	Pales	<ul style="list-style-type: none"> Vérification des roulements et du jeu Inspection visuelle des pales, de l'extérieur et de l'intérieur (si Vestas en charge) Vérification des boulons de chaque pale Vérification des bandes paratonnerres
	Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	<ul style="list-style-type: none"> Vérification des boulons et de l'absence d'impacts de foudre.
	Arbre principal	<ul style="list-style-type: none"> Vérification des boulons fixant l'arbre principal et le moyeu Inspection visuelle des joints d'étanchéité Vérification des bruits anormaux et des vibrations Vérification du fonctionnement du système de lubrification Vérification des dommages au niveau des boulons de blocage du rotor
	Système d'orientation de la nacelle (Yaw System)	<ul style="list-style-type: none"> Vérification des boulons fixant le haut du palier d'orientation et la tour* Vérification des bruits anormaux Vérification du système de lubrification
	Tour	<ul style="list-style-type: none"> Inspection visuelle de la tour* Vérification de l'état du béton à l'intérieur et à l'extérieur de la tour Vérification des boulons entre la partie fondation et la tour, entre les sections de la tour et sur l'échelle* Vérification des brides et des cordons de soudure Vérification des plateformes Vérification du câble principal
	Bras de couple	<ul style="list-style-type: none"> Vérification boulons Vérification et serrage de la connexion à la terre
	Système	<ul style="list-style-type: none"> Vérification des boulons du cylindre principal et du bras de manivelle

d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	<ul style="list-style-type: none"> Vérification des boulons de l'arbre terminal et des roulements
Multiplicateur	<ul style="list-style-type: none"> Vérification du niveau d'huile et nettoyage du multiplicateur si nécessaire Vérification du niveau sonore lors du fonctionnement du multiplicateur Vérification des joints, de l'absence de fuite, etc... Vérification d'absence de fuites au niveau des points de lubrification Vérification des capteurs de débris
Huile du multiplicateur	<ul style="list-style-type: none"> Vérification du niveau d'huile Vérification des composants du bloc hydraulique et des pompes
Système de freinage	<ul style="list-style-type: none"> Vérification des étriers, des disques et des plaquettes de freins Inspection des entrées et des sorties de tuyaux
Générateur	<ul style="list-style-type: none"> Vérification des câbles électriques dans le générateur Vérification des fuites de liquide de refroidissement et de graisse Lubrification des roulements
Système de refroidissement par eau	<ul style="list-style-type: none"> Vérification du fonctionnement des pompes à eau Vérifications des tubes et des tuyaux Vérification du niveau de liquide de refroidissement
Vestas Cooler Top™	<ul style="list-style-type: none"> Vérification boulons
Système hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> Vérification d'absence de fuites dans la nacelle, l'arbre principal et les pompes
Capteur de vent et balisage aérien	<ul style="list-style-type: none"> Vérification du bon fonctionnement du balisage aérien et inspection visuelle du capteur de vitesse de vent.
Nacelle	<ul style="list-style-type: none"> Vérification boulons Vérification d'absence de fissures autour des raccords Vérification des points d'ancrage et des fissures autour de ceux-ci
Extérieur	<ul style="list-style-type: none"> Vérification de la protection de surface Nettoyage des têtes de boulons et d'écrous, des raccords, etc.
Transformateur	<ul style="list-style-type: none"> Inspection mécanique et électrique du transformateur
Sécurité générale	<ul style="list-style-type: none"> Inspection des câbles électriques Inspection du système de mise à la terre Vérification du système antichute

D'autres opérations de maintenance supplémentaires préconisées par le constructeur Vestas sont présentées au tableau suivant.

Tableau 16 : opération de maintenant supplémentaires pour les éoliennes Vestas

	Composants	Opérations
Inspection après chaque année de fonctionnement	Moyeu	<ul style="list-style-type: none"> Vérification de l'état de la fibre de verre Vérification des joints d'étanchéité Vérification de la fonctionnalité des trappes d'accès et de leurs verrous
	Pales	<ul style="list-style-type: none"> Vérification des tubes de graissage et du bloc de distribution de graisse Vérification du niveau de graisse dans les collecteurs de graisse et remplacement s'ils sont pleins Vérification des joints d'étanchéité Vérification des bruits anormaux Remplissage du distributeur de graisse
	Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	<ul style="list-style-type: none"> Vérification du câble connectant les bandes anti-foudres Vérification des amortisseurs d'usure Vérification des bandes anti-foudre
	Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	<ul style="list-style-type: none"> Vérification du bon fonctionnement du système d'inclinaison des pales Vérification de la pression des accumulateurs Vérification de la tension des fixations des accumulateurs Vérification des boulons Vérification des pistons des vérins hydrauliques
	Arbre principal	<ul style="list-style-type: none"> Vérification et lubrification des roulements principaux tous les 5 ans Vérification de l'ajustement des capteurs RPM Lubrification des boulons de blocage du rotor
	Bras de couple	<ul style="list-style-type: none"> Vérification des boulons entre le bras de couple et le bâti tous les 4 ans
	Multiplicateur	<ul style="list-style-type: none"> Vérification et remplacement (si nécessaire) des filtres à air Remplacement des filtres à air tous les 10 ans Remplacement du système de détection de particules tous les 10 ans Vérification des flexibles de drainage. Remplacement si nécessaire. Remplacement des flexibles de drainage tous les 10 ans Remplacement des tuyaux tous les 7 ans Inspection des boulons du système d'accouplement entre le multiplicateur et l'arbre principal tous les 4 ans Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse
	Système de freinage	<ul style="list-style-type: none"> Vérification du câblage des capteurs d'usure et de chaleur Remplacement des plaquettes de freins tous les 7 ans
	Générateur	<ul style="list-style-type: none"> Vérification du bruit des roulements

	<ul style="list-style-type: none"> Vérification du système de graissage automatique Vérification du système de refroidissement
Système de refroidissement par eau	<ul style="list-style-type: none"> Remplacement du liquide de refroidissement tous les 5 ans
Système hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> Vérification des niveaux d'huile et remplacement si nécessaire Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse Changement d'huile selon les rapports d'analyse Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Contrôle des flux et de la pression Vérification de la pression dans le système de frein
Vestas Cooler Top™	<ul style="list-style-type: none"> Inspection visuelle du Vestas Cooler Top™ et des systèmes parafoudres
Onduleur	<ul style="list-style-type: none"> Vérification du bon fonctionnement de l'onduleur Remplacement des différents filtres des ventilateurs Remplacement des différents ventilateurs tous les 5 ans Remplacement de la batterie tous les 5 ans
Capteur de vent et balisage aérien	<ul style="list-style-type: none"> Inspection visuelle du capteur de vitesse de vent et du bon fonctionnement du balisage.
Nacelle	<ul style="list-style-type: none"> Changement des filtres à air Changement des batteries des processeurs
Tour	<ul style="list-style-type: none"> Changement des filtres de ventilation contaminés Maintenance de l'élévateur de personnes
Système de détection d'arc électrique	<ul style="list-style-type: none"> Test du capteur de détection d'arc électrique du jeu de barres et dans la salle du transformateur
Système d'orientation nacelle (Yaw System)	<ul style="list-style-type: none"> Lubrification de la couronne d'orientation Vérification du niveau d'huile des motoréducteurs, et remplissage si besoin Changement de l'huile des motoréducteurs tous les 10 ans Vérification et ajustement du couple de freinage
Armoire de contrôle en pied de tour	<ul style="list-style-type: none"> Test des batteries Remplacement des batteries de secours tous les 5 ans Remplacement des radiateurs en cas de défaillance
Sécurité générale	<ul style="list-style-type: none"> Test des boutons d'arrêt d'urgence Test d'arrêt en cas de survitesse Vérification des équipements de sauvetage Vérification de la date d'inspection des extincteurs Test des détecteurs de fumée (si installés)

• Vérification du système antichute

Les contrôles réglementaires concernent les installations électriques, les équipements et accessoires de levage ou les équipements sous pression (accumulateurs hydropneumatiques). Ils sont réalisés par des organismes agréés.

Le matériel incendie est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.

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

7.6.2.3.2 Préconisations de maintenance pour les éoliennes Nordex

Les différents composants d'une éolienne doivent faire l'objet d'une maintenance selon des intervalles différents et une ampleur différente. Les tableaux présentés en suivant font état de deux types de maintenance :

- Une première maintenance prévue entre 500 à 1 500 heures de service après la mise en service ;
- Une maintenance annuelle, effectuée pour la première fois un an après la première maintenance.

A noter que le « X » indique une maintenance annuelle et « A/R » signifiant « as required ». Le numéro pouvant suivre X indique la périodicité annuelle de l'opération de maintenance.

Le tableau suivant présente les opérations de maintenance liées aux dispositifs de sécurité permettant de prévenir des événements climatiques importants de type foudre, formation de givre ou de glace :

Tableau 17 : opération de maintenance préventive en vue d'événements climatiques particuliers

Type d'opération de maintenance à réaliser	Maintenance initiale	Maintenance annuelle
Capteur d'humidité de l'air : Maintenance du capteur d'humidité de l'air	-	X
Capteur du point de gel AIS : Maintenance du capteur de point de gel AIS	-	X
Système de détection de la foudre : Maintenance du système de détection de la foudre	-	X
Détection de foudre pied de tour : Maintenance du système de détection de la foudre d'après les indications du constructeur	-	X
Système anti givrage : Maintenance du système anti givrage d'après les spécifications du fabricant	X	X
Détecteur de glace aux pales de rotor : Maintenance du détecteur de glace aux pales du rotor selon les spécifications du constructeur	X	X
Capteur de glace : Contrôle du capteur de glace	-	X

Les tableaux suivants exposent certaines opérations de maintenance permettant de prévenir les incendies :

Tableau 18 : opérations de maintenance permettant de prévenir les incendies

Type d'opération de maintenance à réaliser	Maintenance initiale	Maintenance annuelle
Système de détection et d'extinction d'incendie : Maintenance du système de détection et d'extinction d'incendie selon les indications du constructeur	-	X
Système de régulation de la tension : maintenance du système de régulation de la tension	X	X

Feu de mât :		
• contrôle visuel du feu du mât	-	X
• contrôle de fonctionnement du feu du mât	-	X
Système de refroidissement d'une génératrice		
Contrôle visuel des dommages et fuites	-	X
Vérification de la pression dans le système de refroidissement	X	X
Vérification de la pression du ballon dans le vase d'expansion	-	A/R
Changement du liquide de refroidissement	-	A/R

Le tableau suivant liste les opérations nécessitant des vérifications spéciales permettant de prévenir des dysfonctionnements importants :

Tableau 19 : Opérations nécessitant des vérifications spéciales permettant de prévenir des dysfonctionnements importants

Type d'opération de maintenance à réaliser	Maintenance initiale	Maintenance annuelle
Pales de Rotor		
Contrôle du serrage des vis des pales	-	-
Application du couple de serrage correct pour toutes les vis	X	-
Contrôle d'une vis sur 5 avec application du couple de serrage correct	-	X
Inspecter visuellement et contrôler toutes les vis dont le couple de serrage n'a pas été vérifié et vérifier leur desserrage	-	X
Génératrice		
Inspection du serrage des connexions des câbles de puissance dans les boîtes à bornes de la génératrice	X	X
Bottombox et convertisseur principal		
Contrôle des dommages et du bon ajustement des câbles	X	X
Inspection du serrage des connexions de câbles de puissance	X	X

Le tableau suivant indique les opérations de maintenance à entreprendre de nature à prévenir la survitesse :

Tableau 20 : opération de maintenance visant à prévenir la survitesse

Type d'opération de maintenance à réaliser	Maintenance initiale	Maintenance annuelle
Frein du rotor		
Inspection visuelle des dommages mécaniques et fuites	-	X

Inspection de l'épaisseur des plaquettes de frein	-	-
Valeur Réelle	-	X
Changement des plaquettes de frein	-	A/R
Inspection des capteurs sur le frein rotor	-	X
Purge de l'air dans le système hydraulique du frein rotor	X	X
Contrôle de l'entrefer entre les plaquettes et le disque de frein	-	X
Contrôle du serrage des vis entre le frein et le multiplicateur	-	-
Application du couple de serrage correct pour toutes les vis	X	-
Contrôle d'une vis sur 2 avec application du couple de serrage correct	-	X10
Inspecter visuellement et contrôler toutes les vis dont le couple de serrage n'a pas été vérifié et vérifier leur desserrage	-	X
Nettoyage du frein du rotor	X	X
Protection anticorrosion	X	X

7.6.2.3.3 Préconisations de maintenance pour les éoliennes Enercon

A noter que les informations contenues sont des descriptions de mesures et de prestations de service réalisées sur l'éolienne par le personnel ENERCON spécialement formé à cet effet. A noter que les informations contenues sont des descriptions de mesures et de prestations de service réalisées sur l'éolienne par le personnel ENERCON spécialement formé à cet effet. Pour plus de lisibilité, seules sont présentées l'intitulé des opérations. Elles sont soit réalisées par du personnel formé tels que les électriciens dont certains possédant une autorisation d'opération de manœuvré pour transformateurs HTA ou de mécaniciens.

A) Opérations de maintenance principales

Les opérations de maintenance liées aux principales de nature à réduire les risques identifiés en 7.6.2.1 sont les suivantes :

OPERATIONS ELECTRIQUES

- **Système électrique - Locaux HTA de l'éolienne**
 - Connecter le transformateur
 - Verrouiller la commande à distance de la cellule HTA
- **Système électrique - Salle des machines**
 - Contrôler les dispositifs d'avertissement dans la nacelle
 - Contrôler les avertisseurs sonores
 - Contrôler la liaison téléphonique
 - Contrôler l'alimentation électrique de la potence de nacelle
 - Contrôler le disjoncteur différentiel et l'éclairage de secours dans la salle des machines
 - Contrôler les entraînements d'orientation
 - Contrôle du détecteur de fumée sur la salle des machines
 - Contrôler le système de mise à la terre dans la salle des machines

- Contrôler les armoires électriques dans la salle des machines
- Contrôler l'armoire de filtres du générateur
- Contrôler le dispositif de protection contre les surtensions des armoires électriques dans la salle des machines
- Contrôler le système de contrôle du couple dans la salle des machines
- **Système électrique - Tête du rotor**
 - Contrôler le système de mise à la terre dans la tête du rotor
 - Contrôler les armoires électriques dans la tête du rotor
 - Contrôler le dispositif de protection contre les surtensions des armoires électriques dans la tête du rotor
 - Contrôler le disjoncteur différentiel et l'éclairage de secours dans la tête du rotor
 - Contrôler le collecteur ENERCON
 - Contrôler le joint d'étanchéité du palier du collecteur ENERCON
 - Contrôler le support du couple et l'entraînement
 - Contrôler le générateur
 - Contrôle du système de surveillance du rotor
 - Contrôler le capteur de bruits de la tête du rotor
 - Contrôler les capteurs d'entrefer
 - Contrôler le contact de fin de course de chaque pale
 - Contrôler la boîte de décharge d'électricité statique de la tête du rotor
 - Contrôler la boîte de décharge d'électricité statique de chaque pale
 - Contrôler le système de dégivrage de chaque pale
 - Contrôler le raccordement de la protection parafoudre de chaque pale
 - Supprimer la liaison équipotentielle du spinner
- **Système électrique - accessoires extérieurs de la nacelle**
 - Contrôler le capteur de précipitations

- Système électrique - Salle des machines
- Contrôler le système de détection de défauts à la masse du redresseur
- Contrôler le système de détection de courant de défaut du générateur
- **Système électrique - dispositifs d'arrêt d'urgence**
 - Contrôler le bouton d'arrêt d'urgence sur l'armoire de commande de la nacelle
 - Contrôler le bouton d'arrêt d'urgence de l'armoire de commande
 - Contrôler le bouton d'arrêt d'urgence de la porte du mât
 - Contrôler le bouton d'arrêt d'urgence de l'E-module
 - Contrôler l'arrêt d'urgence du relais des circuits de sécurité principaux
 - Contrôler l'arrêt d'urgence du dispositif de blocage du rotor
 - Contrôler l'arrêt d'urgence du capteur de vibrations
- **Système électrique - Pied du mât**
 - Enclencher l'alimentation du système de dégivrage de pales
- Système électrique - Salle des machines
- Contrôler les résistances des éléments chauffants du système de dégivrage de pales

OPERATIONS MECANIQUES

- Mécanique - pied du mât
 - Contrôler les extincteurs dans le pied du mât
 - Procéder à l'inspection visuelle du pied du mât
 - Inspecter visuellement le mât
- Mécanique - salle des machines
 - Contrôler les points d'ancrage de la salle des machines
 - Contrôler le mécanisme de la potence de nacelle avec palan à chaîne
 - Contrôler l'extincteur de la salle des machines
 - Désactiver le système d'extinction d'incendie Firespy

- Contrôler le système d'extinction d'incendie Firespy de la salle des machines
- Activer le système d'extinction d'incendie Firespy
- Contrôler les accessoires de la salle des machines
- Contrôler le système de refroidissement par eau de la salle des machines
- Contrôler le support principal (main carrier) et l'arbre de moyeu
- Contrôler la transmission d'orientation
- Contrôle du palier d'orientation
- Contrôler le recouvrement du générateur
- Contrôler le dispositif de blocage du rotor
- Vérifier le frein électromécanique
- Contrôler la chemise d'arbre
- Contrôler les raccords vissés de la salle des machines
- Procéder à l'inspection visuelle de la salle des machines
- Mécanique - tête du rotor
 - Contrôler les points d'ancrage de la tête du rotor
 - Échantillon de graisse des paliers principaux avant et arrière
 - Graisser le palier avant et arrière du rotor
 - Contrôler les joints d'étanchéité de la tête du rotor
 - Contrôler le pressostat du système de graissage centralisé de la tête du rotor
 - Contrôler le système de graissage centralisé de la tête du rotor
 - Contrôler le système de protection parafoudre de chaque pale
 - Contrôler les raccords vissés de la tête du rotor
- Mécanique - pale du rotor
 - Contrôler les raccords vissés et la plaque de fond de chaque pale
 - Contrôler la connexion du câble de protection parafoudre de l'anneau de décharge de chaque pale

B) Opération de graissage et d'entretien

Les mesures présentes dans le tableau suivant sont réalisées par le personnel Enercon spécialement formé à cet effet.

Tableau 21 : opération de graissage et d'entretien des éoliennes Enercon

Préparation de la maintenance	<ul style="list-style-type: none"> Mettre l'éolienne en mode de maintenance.
Procéder à l'inspection visuelle du pied du mât	<ul style="list-style-type: none"> L'inspection visuelle de la fondation doit impérativement être effectuée depuis l'extérieur. Procéder à une inspection visuelle dans tout le pied du mât L'inspection visuelle du mât doit être réalisée autant que possible depuis l'extérieur.
Contrôler les disjoncteurs différentiels du pied du mât	<ul style="list-style-type: none"> Contrôler les disjoncteurs différentiels requis dans l'armoire de commande les uns après les autres. Réenclencher les disjoncteurs différentiels.
Procéder à l'inspection visuelle du mât	<ul style="list-style-type: none"> Faire particulièrement attention aux composants suivants: <ul style="list-style-type: none"> Câbles, connexions de câble et équerres de fixation de câbles Plateformes, trappes d'accès à la plateforme et accessoires
Procéder à l'inspection de la salle des machines	<ul style="list-style-type: none"> Contrôler la trousse de secours de la salle des machines Contrôler l'extincteur de la salle des machines <ul style="list-style-type: none"> Contrôler l'extincteur avec étiquette de contrôle ; Contrôler l'extincteur sans étiquette de contrôle Contrôler le disjoncteur différentiel de la salle des machines Contrôle du palier d'orientation Procéder à l'inspection visuelle de la salle des machines Réaliser la compensation de potentiel du spinner Contrôler les joints d'étanchéité de la tête du rotor Contrôler le système de graissage centralisé de la tête du rotor Contrôler le palier de bride de pale Procéder à l'inspection visuelle de la tête du rotor Débrancher la compensation de potentiel du spinner Contrôler les pales du rotor à l'extérieur Procéder à une inspection visuelle
Travaux finaux	<ul style="list-style-type: none"> Écouter l'éolienne
Terminer la maintenance	<ul style="list-style-type: none"> Documenter la maintenance dans le cahier des charges pour la maintenance. Mettre l'éolienne en service.

C) La maintenance dépendante du vent

Les opérations à effectuer dans le cadre de ces travaux de maintenance comprennent des mesures visant à déterminer et évaluer l'état actuel de l'éolienne mais aussi à garantir le maintien de son état nominal. Ces travaux de maintenance n'incluent pas les réparations permettant de rétablir un état nominal.

Pour la réalisation de la maintenance, il faut avoir des vitesses de vent entre 8 m par seconde et 16 m par seconde sur une durée moyenne de 10 minutes. Celle-ci doit être documentée dans le système ENERCON Mobile Client (application client mobile, abrégée EMC). Les données saisies sont ensuite disponibles dans le système Service Info Portal (portail d'informations service). La maintenance est documentée dans le cahier des charges pour la maintenance immédiatement après avoir terminé les travaux.

Tableau 22 : Opérations de maintenance dépendante du vent

Préparation de la maintenance	<ul style="list-style-type: none"> Mettre l'éolienne en mode de maintenance. 	
Système électrique - pied du mât	<ul style="list-style-type: none"> Effectuer le test des capteurs de survitesse ; Effectuer le test du capteur de survitesse avec la masse test. 	1 électricien
Système électrique - Salle des machines	<ul style="list-style-type: none"> Déconnecter le rotor du générateur ; Connecter le rotor du générateur. 	1 électricien
Système électrique - Tête du rotor	<ul style="list-style-type: none"> Régler la vitesse de rotation de déclenchement des capteurs de survitesse ; Vérifier les valeurs des compteurs de temps restant des capteurs de survitesse ; Réinitialiser les capteurs de survitesse déclenchés. 	au moins 1 électricien
Mécanique -travaux finaux	<ul style="list-style-type: none"> Écouter l'éolienne ; Réinitialiser les messages d'avertissement et les paramètres. 	
Terminer la maintenance	<ul style="list-style-type: none"> Documenter la maintenance dans le cahier des charges pour la maintenance ; Mettre l'éolienne en service. 	

7.6.2.4 Moyens techniques et humains permettant de garantir les temps d'interventions mentionnés en fonction du constructeur retenu

Dans le domaine de l'exploitation, la vingtaine de collaborateurs dédiée à cette activité assure le suivi d'exploitation et la gestion technique de la majorité des parcs éoliens que VSB énergies nouvelles a développé, auxquels s'ajoutent ceux exploités pour le compte de tiers. Actuellement, cela représente plus de 247 éoliennes réparties sur 59 parcs et totalisant 520 MW.

Cette équipe assure :

- la réalisation et la gestion des plans de prévention annuels et ponctuels ;
- la gestion et le management du reporting des déchets dans le cadre de la réglementation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) ;
- les visites de sécurité régulières suivies de rapports spécifiques ;
- la récupération et l'analyse de l'ensemble des données délivrées par le parc éolien (signaux, alarmes, erreurs, etc.) par l'intermédiaire du logiciel de Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO) ;
- la gestion des inspections périodiques légales de l'ensemble des installations des parcs éoliens, suivis le cas échéant de la définition et la mise en place d'actions correctives immédiates ;
- la supervision des opérations de maintenance curative ou préventive importantes ;
- la mise à disposition aux clients des rapports synthétiques et opérationnels sur l'état des installations et la tenue de leurs objectifs de performance ;
- la prescription et l'accompagnement d'expertises techniques complexes permettant de s'assurer de l'état de conservation du matériel (endoscopie, inspection des pales, analyse vibratoire, thermographie, etc.) ;
- la relation auprès des administrations, propriétaires, exploitants agricoles, élus, etc. ;
- l'organisation et le suivi de l'entretien des accès, plateformes et espaces verts ;
- les réponses DICT (gestionnaire réseau interne HTA) ;
- l'organisation et suivi des mesures environnementales (ornithologique, chiroptérologique, paysagère, acoustique, réception TV) ;
- la gestion des baux, loyers, indemnités et garanties de démantèlement ;
- le suivi des contacts avec EDF (manœuvre d'exploitation, contrôle de la qualité du courant injecté, facturation de l'électricité produite, etc.).

7.6.2.4.1 Moyen mis en œuvre pour les éoliennes Nordex :

La livraison, le montage et la maintenance des éoliennes N163 seront assurés par le constructeur des éoliennes, la société NORDEX. Depuis sa création, NORDEX a installé plus de 7 000 éoliennes dans 34 pays, soit plus de 13 000 MW. Le parc éolien équipé d'éoliennes NORDEX en France a dépassé les 2 000 MW début 2019. Cela représente une moyenne de plus de 160 MW installés par an sur les dix dernières années.

Avec des contrats sur plus de 80 % de ses éoliennes installées en France, NORDEX France possède également une grande expérience en termes de maintenance. Ces contrats assurent des disponibilités techniques le plus souvent supérieures à 98 % du temps.

Les équipes de NORDEX interviennent à tous les stades du chantier, faisant appel à des spécialistes locaux, nationaux ou internationaux selon les phases du projet. La société NORDEX dispose de **17 bases de maintenance sur le territoire français** afin de mener efficacement la maintenance de la flotte installée. **Dans le cadre du projet de parc éolien des Genévriers, la maintenance du parc éolien pourrait être effectuée depuis le centre de maintenance existant situé à Janville (Eure-et-Loir) avec 12 techniciens, soit à 90 km et environ 1 h du parc.** En plus de la présence physique des techniciens de maintenance, les éoliennes sont surveillées et contrôlées

en permanence par les centres de maintenance à distance, 24h/24 et 365j/an, afin de garantir des niveaux de disponibilité et de sécurité maximums.

7.6.2.4.2 Moyens mis en œuvre pour les éoliennes Vestas :

La livraison, le montage et la maintenance des éoliennes V160 seront assurés par le constructeur des éoliennes, la société VESTAS. Le groupe VESTAS, concepteur et fabricant Danois d'aérogénérateurs depuis plus de 35 ans, sera en charge notamment de la maintenance des éoliennes de ce projet. Depuis sa création, VESTAS a installé plus de 57 000 éoliennes dans 75 pays, soit plus de 75 000 MW.

En France, VESTAS s'entoure de sous-traitants français pour la fourniture de composants d'éoliennes : STROMAG (systèmes de freinage), FRANCEOLE (tours d'éolienne), ROLLIX (roulements) font partie des sociétés les plus connues. Pendant la période du chantier, la majeure partie des sous-traitants utilisés sont des entreprises locales, réalisant le raccordement des éoliennes, câblages inter-éoliens, les chemins d'accès et plateformes ainsi que les fondations. VESTAS a su créer un réseau dense et équilibré de centres de maintenance au plus proche de ses parcs : aujourd'hui, environ 250 personnes parmi les plus de 300 que comptait la société veillent au bon fonctionnement des 2 500 MW installés sur tout le territoire.

Pour le suivi de ce projet de parc éolien des Genévriers, le centre de maintenance de VESTAS avec 22 techniciens est localisé à Sancheville (Eure-et-Loir), à 106 km et environ 1h10 du parc.

7.6.2.4.3 Moyens mis en œuvre pour les éoliennes Enercon :

La livraison, le montage et la maintenance des éoliennes E160 seront assurés par le constructeur des éoliennes, la société ENERCON.

Avec ses 12 % des parts du marché Européen en 2013, ENERCON a fourni, plus spécifiquement, 1 éolienne sur 3 en France lors de l'année 2016 grâce à l'aide de ses 620 salariés basés sur le territoire. Avec ses 30 000 éoliennes installées dans le monde, ENERCON est un acteur éolien d'importance, compétent dans l'installation et dans l'exploitation de ses éoliennes.

Chaque éolienne ENERCON est reliée via une connexion au système central de surveillance à distance 24h/24. Si une machine signale un problème ou un défaut, le centre du service après-vente ainsi que l'antenne locale de service sont immédiatement avertis par l'intermédiaire du système de surveillance à distance, SCADA.

Avec plus d'une trentaine de base de maintenance en France, le message est automatiquement saisi par le logiciel de planification des interventions ENERCON et apparaît sur l'écran du technicien de service. Moyennant un dispositif de localisation spécialement développé, le système de planification des interventions détecte l'équipe service qui se trouve le plus près de l'éolienne en question. C'est pour cela que les éoliennes ENERCON ont une disponibilité technique garantie de 97 % par an.

Elle est encadrée par un contrat liant la société d'exploitation et le constructeur. Les installations sont surveillées en continu, par un système de télésurveillance à distance. Des opérations de maintenance préventives sont menées régulièrement. Durant la phase d'exploitation, différentes opérations de maintenance seront menées sur le parc.

Pour le suivi de ce projet de parc éolien des Genévriers, le centre de maintenance d'Enercon le plus proche est situé à Joux-le-Ville, dans l'Yonne, à 128 km, soit à 1h20min.

7.6.3 Systèmes de contrôle et d'acquisition de données

Chacun des 3 groupes d'éoliennes du projet, portés chacun par une société de projet distincte, avec leurs postes de livraison dédiés, sont suivis par un système SCADA spécifique au fabricant des éoliennes retenues. Ce système permet de superviser à distance chacune des éoliennes. Ces supervisions effectuées simultanément par le fabricant des éoliennes et par l'exploitant (VSB énergies nouvelles ou ALTERRIC) permettent de vérifier les paramètres de fonctionnement et de contrôler à distance en temps réel chaque éolienne.



Figure 9 : Photo des 3 tableaux d'affichages correspondant aux SCADA Enercon, Vestas et Nordex (source : VSB)

En annexe 10.6 sont présentés des exemples d'écran de systèmes SCADA Vestas, Enercon et Nordex pour différents parcs éoliens en fonctionnement.

7.7 Conclusion de l'Analyse Préliminaire des Risques

À l'issue de l'Analyse Préliminaire des Risques, l'étude de dangers doit préciser quels scénarios sont retenus en vue de l'analyse détaillée des risques présentée au chapitre 8. Ne sont retenues que les séquences accidentelles dont l'intensité est telle que l'accident peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine.

Dans le cadre de l'Analyse Préliminaire des Risques générique, trois catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité ; il s'agit des incendies d'éoliennes, des incendies des postes de livraison et de l'infiltration d'huile dans le sol en raison du risque de pollution des nappes utilisées pour l'alimentation en eau potable :

À l'issue de l'Analyse Préliminaire des Risques, l'étude de dangers doit préciser quels scénarios sont retenus en vue de l'analyse détaillée des risques (chapitre 8).

Dans le cadre de l'Analyse Préliminaire des Risques générique, trois catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité ; il s'agit des incendies d'éoliennes, des incendies des postes de livraison ou des transformateurs et de l'infiltration d'huile dans le sol en raison du risque de pollution des nappes utilisées pour l'alimentation en eau potable :

Tableau 23 : Scénarios exclus de l'analyse détaillée des risques (Source : INERIS)

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêt du 26 août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison	En cas d'incendie d'un poste de livraison, les effets ressentis à l'extérieur du bâtiment 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'arrêt du 26 août 2011) et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées restent mineurs. Il n'est pas nécessaire de présenter ce scénario dans l'analyse détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée de nappe phréatique. Dans le cas présent, les différents aménagements du projet de parc éolien des Genévriers sont exclus de tout périmètre de protection rapprochée de captage destiné à l'alimentation en eau potable.

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'accidents. 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 ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarios sélectionnés à l'issue de l'Analyse Préliminaire des Risques en matière 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.....	94
8.1.1	Cinétique.....	94
8.1.2	Intensité.....	94
8.1.3	Gravité.....	94
8.1.4	Probabilité.....	95
8.2	Caractérisation des scénarios retenus.....	95
8.2.1	Effondrement de l'éolienne.....	96
8.2.2	Chute de glace.....	98
8.2.3	Chute d'éléments de l'éolienne.....	99
8.2.4	Projection de pale ou de fragments de pale.....	101
8.2.5	Projection de glace.....	103
8.3	Synthèse de l'étude détaillée des risques.....	105
8.3.1	Tableau de synthèse des scénarios étudiés.....	105
8.3.2	Synthèse d'acceptabilité des risques.....	105
8.3.3	Cartographie des risques.....	106

8.1 Rappel des définitions

Comme la réglementation l'impose aux exploitants, l'étude de dangers doit caractériser chaque scénario d'accident majeur potentiel retenu dans l'étude détaillée des risques en fonction des paramètres suivants :

- la cinétique ;
- l'intensité ;
- la gravité ;
- la probabilité.

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 2005¹¹.

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 national 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.

L'étude porte donc sur la probabilité que l'accident se produise, la vitesse avec laquelle il produit des effets et à laquelle les secours sont en mesure d'intervenir (cinétique), l'effet qu'il aura s'il se produit (intensité) et le nombre de personnes exposées (gravité).

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.

8.1.1 Cinétique

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

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

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

¹¹ 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

8.1.2 Intensité

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

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, et décroît en fonction de la distance (par exemple un incendie ou une explosion). **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 (zone d'impact - Zi) et la surface de la zone exposée à la chute ou à la projection (zone d'effet - Ze).

Tableau 24 : Détermination des seuils d'exposition à un accident se produisant sur une éolienne

Intensité	Degré d'exposition
Exposition très forte	$x > 5 \%$
Exposition forte	$1\% \leq x \leq 5 \%$
Exposition modérée	$x < 1 \%$

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

8.1.3 Gravité

Les niveaux de gravité à retenir dans une étude de dangers sont décrits dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005. Ils sont déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet définies dans le paragraphe précédent.

Tableau 25 : Détermination des niveaux de gravité en fonction des seuils d'exposition

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

8.1.4 Probabilité

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

Tableau 26 : Échelle de probabilité quantitative présentée en Annexe 1 de l'Arrêté du 29 septembre 2005

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

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, la probabilité de chaque évènement 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 évènement redouté se produise sur l'éolienne (probabilité de départ) et non à la probabilité que cet évènement 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'évènement redouté.

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

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

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

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

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

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

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

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

8.2 Caractérisation des scénarios retenus

Pour rappel, les cinq catégories de scénarios retenues pour 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.

L'encadré ci-après présente les paramètres dimensionnels qui seront utilisés pour le calcul des zones d'effet et des zones d'impact des différents scénarios retenus ; ces paramètres permettent en effet de déterminer le degré d'exposition aux phénomènes considérés (intensité).

Un second encadré détaille ensuite les hypothèses de calcul retenues pour évaluer le nombre de personnes exposées en fonction de l'occupation du sol/l'activité considérée. A noter que les paramètres retenus correspondent aux hypothèses les plus maximisantes.

Paramètres intervenant dans le calcul des zones d'effet et zones d'impact

- hauteur en bout de pale : 200 m (E160/V162) ;
- diamètre du rotor : 163 m (N163) ;
- rayon du rotor : 81,5 m (N163) ;
- longueur de la pale : 79,35 m (V162) ;
- largeur maximale de la pale (corde) : 4,3 m (V162) ;
- hauteur du moyeu : 120 m (E160) ;
- largeur de la base du mât : 8,2 m (E160).

Hypothèses de calcul retenues pour l'évaluation du nombre de personnes exposées

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet se base principalement sur l'Annexe 1 du guide de l'INERIS : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne (Cf. chapitre 10.1).

Sur la zone du projet nous considérons que les enjeux sont localisés :

- sur les **terrains non aménagés et très peu fréquentés** (champs, prairies, forêts, friches) : une exposition d'une personne pour 100 ha ;
- sur les **voies de communication structurantes** dont le trafic moyen est supérieur ou égal à 2 000 véhicules/jour (A19) : une exposition de 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour ;
- sur les **voies de communication non structurantes** dont le trafic est inférieur à 2 000 véhicules/jour (routes locales, chemins et sentiers, incluant les pistes d'accès aux éoliennes et leurs plateformes, D841) : une exposition d'une personne pour 10 ha. La largeur retenue pour ces voies sera de 5 m (valeur maximisante).

A noter que les modèles d'éolienne retenus et le calcul de leurs zones d'effet sont présentés en annexe 10.3 pour chaque scénario, c'est le rayon le plus important qui est retenu.

8.2.1 Effondrement de l'éolienne

8.2.1.1 Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une **surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'aérogénérateur en bout de pale**. Dans le cas des éoliennes des Genévriers, ce rayon est de 200 m (modèles d'éolienne E160 et V162).

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.

8.2.1.2 Intensité

Pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface totale de l'éolienne (rotor + mât) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (disque dont le rayon correspond à la hauteur de l'éolienne en bout de pale).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien des Genévriers. R est le rayon du rotor (R = 81,5 m), H la hauteur du moyeu (H = 120 m), L la largeur de la base du mât (L = 8,2 m), LP est la longueur de la pale (LP = 79,35 m) et LB la largeur maximale de la pale (LB = 4,3 m).

Tableau 27 : Intensité du phénomène d'effondrement d'éolienne

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale = 200 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = H \times L + 3 \times LP \times LB / 2$	$Z_e = \pi \times (H+R)^2$	$d = Z_i / Z_e$	
1 495 m ²	127 555 m ²	0,011 % (< 1 %) / (1 % ≤ x ≤ 5 %) /	Exposition modérée

		(> 5 %)	
--	--	-----------	--

L'intensité du phénomène d'effondrement est modérée dans sa zone d'effet et nulle au-delà.

8.2.1.3 Gravité

Au vu du niveau d'intensité identifié (modéré) et des définitions issues du chapitre 8.1.3, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement dans le périmètre de chute de l'éolienne :

- plus de 1 000 personnes exposées : " Désastreux " ;
- entre 100 et 1 000 personnes exposées : " Catastrophique " ;
- entre 10 et 100 personnes exposées : " Important " ;
- moins de 10 personnes exposées : " Sérieux " ;
- présence humaine exposée inférieure à " une personne " : " Modéré ".

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

Tableau 28 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque d'effondrement d'éolienne et gravité associée

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale = 200 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E1	0,12 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 119 171 m ²)	0,18	Modérée
	0,06 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes d'E1 : 6 492 m ²)		
E2	0,12 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 120 747 m ²)	0,17	Modérée
	0,05 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes d'E1 : 4 917 m ²)		
E3	0,12 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 121 216 m ²)	0,17	Modérée
	0,04 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 4 447 m ²)		
E4	0,12 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 120 806 m ²)	0,17	Modérée
	0,04 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 4 858 m ²)		
E5	0,12 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 122 414 m ²)	0,15	Modérée
	0,03 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 250 m ²)		
E6	0,12 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 120 242 m ²)	0,15	Modérée
	0,05 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 5 421 m ²)		
E7	0,12 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 120 213 m ²)	0,17	Modérée
	0,05 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 5 451 m ²)		
E8	0,12 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 117 993 m ²)	0,19	Modérée
	0,07 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 7 671 m ²)		
E9	0,12 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 118 965 m ²)	0,19	Modérée
	0,07 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 6 699 m ²)		
E10	0,12 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 119 279 m ²)	0,19	Modérée
	0,07 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 6 385 m ²)		

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale = 200 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E11	0,12 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 119 319 m ²)	0,18	Modérée
	0,06 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 6 345 m ²)		
E12	0,12 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 120 702 m ²)	0,17	Modérée
	0,05 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 4 962 m ²)		
E13	0,12 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 120 166 m ²)	0,18	Modérée
	0,06 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 5 498 m ²)		
E14	0,12 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 121 209 m ²)	0,17	Modérée
	0,04 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 4 455 m ²)		
E15	0,12 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 122 109 m ²)	0,16	Modérée
	0,04 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 555 m ²)		

8.2.1.4 Probabilité

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

Tableau 29 : Probabilités d'effondrement d'éolienne retenues dans la littérature

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines ¹²	4,5 x 10 ⁻⁴	Retour d'expérience
Specification of minimum distances ¹³	1,8 x 10 ⁻⁴ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience¹⁴, soit une probabilité de 4,47 x 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 : « Évènement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ».

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

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

- respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;

¹² 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.

¹³ Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieursgesellschaft, 2004.

¹⁴ 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.

- 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.

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

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

8.2.1.5 Acceptabilité

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 10 personnes sont exposées et dans le cas où plus de dix personnes sont exposées dans la zone d'effet d'un aérogénérateur, l'exploitant pourra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place.

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

Tableau 30 : Acceptabilité du risque d'effondrement d'éolienne

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale = 200 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable
E10	Modérée	Acceptable
E11	Modérée	Acceptable
E12	Modérée	Acceptable
E13	Modérée	Acceptable
E14	Modérée	Acceptable
E15	Modérée	Acceptable

Acceptabilité du scénario d'effondrement d'éolienne

Compte tenu du nombre de personnes exposées dans les zones d'effet indiquées plus haut, qui est très inférieur à 10 personnes pour chaque éolienne (0,19 personne maximum), le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacun des aérogénérateurs.

8.2.2 Chute de glace

8.2.2.1 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 WECO¹⁵, une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concerné par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

8.2.2.2 Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien des Genévriers, la zone d'effet a donc un rayon de 81,5 (V163).

8.2.2.3 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien des Genévriers. Z_i est la zone d'impact, Z_e est la zone d'effet, R est le rayon du rotor (R = 81,5 m), SG est la surface du morceau de glace majorant (SG = 1 m²).

Tableau 31 : Intensité du phénomène de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol du rotor = 81,5 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i=SG$	$Z_e=\pi \times R^2$	$d=Z_i/Z_e$	
1 m ²	2 0867 m ²	0,004 % (< 1 %)	Exposition modérée

L'intensité du phénomène de chute de glace est modérée dans sa zone d'effet et nulle au-delà.

¹⁵ Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. - Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000.

8.2.2.4 Gravité

Au vu du niveau d'intensité identifié (modéré) et des définitions issues du chapitre 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 : " Désastreux " ;
- entre 100 et 1 000 personnes exposées : " Catastrophique " ;
- entre 10 et 100 personnes exposées : " Important " ;
- moins de 10 personnes exposées : " Sérieux " ;
- présence humaine exposée inférieure à " une personne " : " Modéré " .

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

Tableau 32 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de chute de glace et gravité associée

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol du rotor = 81,5 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E1	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 177 m ²)	0,05	Modérée
	0,04 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 690 m ²)		
E2	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 18 413 m ²)	0,04	Modérée
	0,02 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 2 454 m ²)		
E3	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 18 369 m ²)	0,04	Modérée
	0,02 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 2 498 m ²)		
E4	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 687 m ²)	0,05	Modérée
	0,03 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 180 m ²)		
E5	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 18 369 m ²)	0,04	Modérée
	0,02 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 2 498 m ²)		
E6	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 424 m ²)	0,05	Modérée
	0,03 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 443 m ²)		
E7	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 751 m ²)	0,05	Modérée
	0,03 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 116 m ²)		
E8	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 740 m ²)	0,05	Modérée
	0,03 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 127 m ²)		
E9	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 752 m ²)	0,05	Modérée
	0,03 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 115 m ²)		
E10	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 744 m ²)	0,05	Modérée
	0,03 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 123 m ²)		
E11	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 553 m ²)	0,05	Modérée
	0,03 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 114 m ²)		
E12	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 19 161 m ²)	0,04	Modérée

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol du rotor = 81,5 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
	0,02 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 1 706 m ²)		
E13	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 19 025 m ²)	0,04	Modérée
	0,02 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 1 842 m ²)		
E14	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 18 669 m ²)	0,04	Modérée
	0,02 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 2 198 m ²)		
E15	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 19 331 m ²)	0,03	Modérée
	0,02 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 1536 m ²)		

8.2.2.5 Probabilité

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

8.2.2.6 Acceptabilité

Avec une classe de probabilité « A », le risque de chute de glace pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'une gravité « Modérée » qui correspond pour cet événement à un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1. Dans le cas contraire, l'exploitant devra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

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

Tableau 33 : Acceptabilité du risque de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol du rotor = 81,5 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable
E10	Modérée	Acceptable
E11	Modérée	Acceptable
E12	Modérée	Acceptable

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol du rotor = 81,5 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E13	Modérée	Acceptable
E14	Modérée	Acceptable
E15	Modérée	Acceptable

Acceptabilité du scénario de chute de glace

Compte tenu du nombre de personnes exposées dans les zones d'effet indiquées plus haut, qui est très inférieur à 1 personne pour chaque éolienne (0,05 personne maximum), le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacun des aérogénérateurs.

8.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne

8.2.3.1 Zone d'effet

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor, soit 81,5 m (modèle V163).

8.2.3.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien des Genévriers. Z_i est la zone d'impact, Z_e la zone d'effet, « d » le degré d'exposition, R est le rayon du rotor (R = 81,5 m), LP est la longueur de la pale (LP = 79,35 m), et LB la largeur maximale de la pale (LB = 4,3 m).

Tableau 34 : Intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol du rotor = 81,5m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _i =LP x LB/2	Z _e =π x R ²	d=Z _i /Z _e	
170,6 m ²	20 867 m ²	0,8 % (< 1 %)	Exposition modérée

L'intensité du phénomène de chute d'éléments est modérée dans sa zone d'effet et nulle au-delà.

8.2.3.3 Gravité

Au vu du niveau d'intensité identifié (modéré) et des définitions issues du chapitre 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 : " Désastreux " ;
- entre 100 et 1 000 personnes exposées : " Catastrophique " ;
- entre 10 et 100 personnes exposées : " Important " ;
- moins de 10 personnes exposées : " Sérieux " ;
- présence humaine exposée inférieure à " une personne " : " Modéré " .

Tableau 35 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de chute d'éléments et gravité associée

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol du rotor = 81,5 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E1	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 177 m ²)	0,05	Modérée
	0,04 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 690 m ²)		
E2	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 18 413 m ²)	0,04	Modérée
	0,02 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 2 454 m ²)		
E3	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 18 369 m ²)	0,04	Modérée
	0,02 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 2 498 m ²)		
E4	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 687 m ²)	0,05	Modérée
	0,03 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 180 m ²)		
E5	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 18 369 m ²)	0,04	Modérée
	0,02 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 2 498 m ²)		
E6	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 424 m ²)	0,05	Modérée
	0,03 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 443 m ²)		
E7	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 751 m ²)	0,05	Modérée
	0,03 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 116 m ²)		
E8	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 740 m ²)	0,05	Modérée
	0,03 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 127 m ²)		
E9	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 752 m ²)	0,05	Modérée
	0,03 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 115 m ²)		
E10	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 744 m ²)	0,05	Modérée
	0,03 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 123 m ²)		
E11	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 17 553 m ²)	0,05	Modérée
	0,03 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 3 114 m ²)		
E12	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 19 161 m ²)	0,04	Modérée
	0,02 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 1 706 m ²)		
E13	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 19 025 m ²)	0,04	Modéré
	0,02 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 1 842 m ²)		

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol du rotor = 81,5 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E14	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 18 669 m ²)	0,04	Modéré
	0,02 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 2 198 m ²)		
E15	0,02 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 19 331 m ²)	0,03	Modéré
	0,02 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 1536 m ²)		

8.2.3.4 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 x 10⁻⁴ événement par éolienne et par an).

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

8.2.3.5 Acceptabilité

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 10 dans la zone d'effet. Dans le cas contraire, l'exploitant devra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

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

Tableau 36 : Acceptabilité du risque de chute d'éléments de l'éolienne

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol du rotor = 81,5 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol du rotor = 81,5 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable
E10	Modérée	Acceptable
E11	Modérée	Acceptable
E12	Modérée	Acceptable
E13	Modérée	Acceptable
E14	Modérée	Acceptable
E15	Modérée	Acceptable

Acceptabilité du scénario de chute d'éléments de l'éolienne

Compte tenu du nombre de personnes exposées dans les zones d'effet indiquées plus haut, qui est très inférieur à 10 personnes pour chaque éolienne (0,05 personne maximum), le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacun des aérogénérateurs.

8.2.4 Projection de pale ou de fragments de pale

8.2.4.1 Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée au chapitre 6.1, la distance maximale relevée et vérifiée pour une projection de fragment de pale est de 380 mètres par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne¹⁶.

L'analyse de ce recueil d'accidents indique une distance maximale de projection de l'ordre de 500 mètres à deux exceptions près :

- 1 300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006 ;
- 1 000 m rapporté pour un accident à Burgos en Espagne le 09/12/2000.

Toutefois, pour ces deux accidents, les sources citées ont été vérifiées par le SER-FEE et aucune distance de projection n'y était mentionnée. Les distances ont ensuite été vérifiées auprès des constructeurs concernés et dans les deux cas elles n'excédaient pas 300 m.

Ensuite, pour l'ensemble des accidents pour lesquels une distance supérieure à 400 m était indiquée, les sources mentionnées dans le recueil ont été vérifiées de manière exhaustive (articles de journal par exemple), mais aucune d'elles ne mentionnait ces mêmes distances de projection. Quand une distance était écrite dans la source, il pouvait s'agir par exemple de la distance entre la maison la plus proche et l'éolienne, ou du périmètre de

sécurité mis en place par les forces de l'ordre après l'accident, mais en aucun cas de la distance de projection réelle.

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres¹⁷.

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.

8.2.4.2 Intensité

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

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène projection de pale ou de fragment de pale dans le cas du parc éolien des Genévriers. Z_i est la zone d'impact, Z_e la zone d'effet, « d » est le degré d'exposition, LP est la longueur de la pale (LP = 79,35 m) et LB la largeur maximale de la pale (LB = 4,3 m).

Tableau 37 : Intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = LP \times LB / 2$	$Z_e = \pi \times 500^2$	$d = Z_i / Z_e$	
170,6 m ²	785 398 m ²	0,02 % (< 1 %)	Exposition modérée

L'intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale est modérée dans sa zone d'effet et nulle au-delà.

8.2.4.3 Gravité

Au vu du niveau d'intensité identifié (modéré) et des définitions issues du chapitre 8.1.3, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale dans un rayon de 500 m autour des aérogénérateurs :

- plus de 1 000 personnes exposées : " Désastreux " ;
- entre 100 et 1 000 personnes exposées : " Catastrophique " ;
- entre 10 et 100 personnes exposées : " Important " ;
- moins de 10 personnes exposées : " Sérieux " ;
- présence humaine exposée inférieure à " une personne " : " Modéré ".

¹⁶ Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum

¹⁷ 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 et Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieursgesellschaft, 2004

Tableau 38 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de projection de pale ou de fragment de pale et gravité associée

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E1	0,76 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 763 418 m ²)	0,98	Modérée
	0,22 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 21 981 m ²)		
E2	0,77 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 767 887 m ²)	0,94	Modérée
	0,18 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 17 511 m ²)		
E3	0,77 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 771 470 m ²)	0,91	Modérée
	0,14 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 13 929 m ²)		
E4	0,76 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 764 147 m ²)	0,98	Modérée
	0,21 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 21 251 m ²)		
E5	0,77 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 773 703 m ²)	0,89	Modérée
	0,12 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 11 695 m ²)		
E6	0,77 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 768 174 m ²)	0,94	Modérée
	0,17 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 17 224 m ²)		
E7	0,78 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 775 306 m ²)	0,88	Modérée
	0,10 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 10 092 m ²)		
E8	0,77 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 768 718 m ²)	0,94	Modérée
	0,17 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 16 680 m ²)		
E9	0,77 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 766 129 m ²)	0,96	Modérée
	0,19 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 19 269 m ²)		
E10	0,77 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 765 722 m ²)	20,67	Importante
	0,19 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 19 145 m ²)		
	19,71 (autoroute : 530 m ²)		
E11	0,77 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 765 308 m ²)	0,97	Modérée
	0,20 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 20 090 m ²)		
E12	0,77 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 767 425 m ²)	56,19	Importante
	0,16 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 11 955 m ²)		
	0,05 (RD841 : 4 532 m ²)		
	55,21 (Autoroute : 1 486 m ²)		
E13	0,76 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 760 795 m ²)	10,06	Importante
	0,19 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 19 435 m ²)		
	9,06 (Autoroute : 244 m ²)		
	0,05 (RD841 : 4 924 m ²)		
E14	0,76 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 764 632 m ²)	0,92	Modérée
	0,15 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 15 184 m ²)		
	0,06 (RD841 : 5 582 m ²)		
E15	0,77 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 770 532 m ²)	0,90	Modérée

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
	0,12 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 12 767 m ²)		
	0,02 (RD841 : 2 099 m ²)		

8.2.4.4 Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment for a wind farm project ¹⁸	1 x 10 ⁻⁶	Respect de l'Eurocode EN 1990 - Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines ¹⁹	1, 1 x 10 ⁻³	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances ²⁰	6,1 x 10 ⁻⁴	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

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

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

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « Évènement 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 ;
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations - un système adapté est installé en cas de risque cyclonique ;
- utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.).

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

¹⁸ Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project - Case study - Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24

¹⁹ Guide for risk based zoning of wind turbines, Enregy research centre of the Netherlands (ENC), H.Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005

²⁰ Spécification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieuresgesellschaft, 2004

Il est considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D », c'est-à-dire qu'il « s'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité ».

8.2.4.5 Acceptabilité

Avec une classe de probabilité « D », le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1000 dans la zone d'effet. Si le nombre de personnes permanentes (ou équivalent) est supérieur à ces chiffres, l'exploitant peut engager une étude supplémentaire pour déterminer le risque d'atteinte de l'enjeu à l'origine de ce niveau de gravité et vérifier l'acceptabilité du risque. Le cas échéant, des mesures de sécurité supplémentaires pourront être mises en place pour améliorer l'acceptabilité du risque.

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

Tableau 39 : Acceptabilité du risque de projection de pale ou de fragment de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable
E10	Importante	Acceptable
E11	Modérée	Acceptable
E12	Importante	Acceptable
E13	Importante	Acceptable
E14	Modérée	Acceptable
E15	Modérée	Acceptable

8.2.5 Projection de glace

8.2.5.1 Zone d'effet

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence (Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003) propose une distance d'effet fonction de la hauteur de l'éolienne et du diamètre du rotor, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'aérogénérateur n'est pas équipé de système d'arrêt des rotors en cas de givre ou de glace :

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

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures. À défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace. Cette distance est, dans le cas du projet de parc éolien des Genévriers, de 421,5 m.

8.2.5.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien des Genévriers. Z_i est la zone d'impact, Z_e la zone d'effet, « d » est le degré d'exposition, R est le rayon du rotor (R = 81,5 m), H la hauteur au moyeu (H = 120 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Tableau 40 : Intensité du phénomène de projection de morceaux de glace

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de risque de projection de glace = 1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne = 421,5 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _i = SG	Z _e = π x (1,5*(H+2*R)) ²	d = Z _i /Z _e	
1 m ²	566 116 m ²	0,00017 % (< 1 %) / (1 % ≤ x ≤ 5 %) / (> 5 %)	Exposition modérée

L'intensité du phénomène de projection de glace est modérée dans sa zone d'effet et nulle au-delà.

8.2.5.3 Gravité

Au vu du niveau d'intensité identifié (modéré) et des définitions issues du chapitre 8.1.3, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace au sein de sa zone d'effet :

- plus de 1 000 personnes exposées : " Désastreux " ;
- entre 100 et 1 000 personnes exposées : " Catastrophique " ;
- entre 10 et 100 personnes exposées : " Important " ;
- moins de 10 personnes exposées : " Sérieux " ;
- présence humaine exposée inférieure à " une personne " : " Modéré ".

Acceptabilité du scénario de projection de pale ou de fragment de pale

Compte tenu du nombre de personnes exposées dans les zones d'effet indiquées plus haut, qui est très inférieur à 1 000 personnes pour chaque éolienne (56,19 personnes maximum), le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacun des aérogénérateurs.

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.

A signaler pour ce scénario, et conformément au guide de l'INERIS, que les axes routiers tels que la RD841 et l'autoroute interceptés par la zone d'effet du scénario de projection de glace sont exclus des calculs présentés dans le tableau suivant. En effet, le guide de l'INERIS indique qu'« il a été observé dans la littérature disponible qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité²¹ ».

Tableau 41 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de projection de glace et gravité associée

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de risque de projection de glace = 1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne = 421,5 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E1	0,54 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 542 079 m ²)	0,70	Modérée
	0,16 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 16 063 m ²)		
E2	0,54 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 543 710 m ²)	0,69	Modérée
	0,14 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 14 433 m ²)		
E3	0,55 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 548 819 m ²)	0,64	Modérée
	0,09 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 9 324 m ²)		
E4	0,54 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 543 461 m ²)	0,69	Modérée
	0,15 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 14 671 m ²)		
E5	0,55 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 548 828 m ²)	0,67	Modérée
	0,12 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 11 695 m ²)		
E6	0,55 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 548 071 m ²)	0,65	Modérée
	0,10 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 10 072 m ²)		
E7	0,55 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 549 338 m ²)	0,64	Modérée
	0,08 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 8 905 m ²)		
E8	0,55 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 549 238 m ²)	0,72	Modérée
	0,17 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 16 680 m ²)		
E9	0,55 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 545 152 m ²)	0,68	Modérée
	0,12 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 12 991 m ²)		
E10	0,55 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 545 890 m ²)	0,67	Modérée
	0,12 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 12 253 m ²)		
E11	0,54 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 543 635 m ²)	0,69	Modérée
	0,15 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 14 508 m ²)		
E12	0,54 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 544 379 m ²)	0,64	Modérée
	0,10 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 10 129 m ²)		
E13	0,54 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 541 706 m ²)	0,68	Modérée

²¹ Cf. page 80 du guide technique - « élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » basé sur le rapport « Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003 ».

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de risque de projection de glace = 1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne = 421,5 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
	0,14 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 13 522 m ²)		
E14	0,54 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 541 223 m ²)	0,67	Modérée
	0,13 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 12 843 m ²)		
E15	0,55 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : 549 662 m ²)	0,63	Modérée
	0,08 (Piste d'accès, plateforme et voies non structurantes : 8 521 m ²)		

8.2.5.4 Probabilité

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

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

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

8.2.5.5 Acceptabilité

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

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

Tableau 42 : Acceptabilité du risque de projection de glace

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de risque de projection de glace = 1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne = 421,5 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable
E10	Modérée	Acceptable
E11	Modérée	Acceptable

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de risque de projection de glace = 1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne = 421,5 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E12	Importante	Inacceptable
E13	Modérée	Acceptable
E14	Modérée	Acceptable
E15	Modérée	Acceptable

Acceptabilité du scénario de projection de glace

Compte tenu du nombre de personnes exposées dans les zones d'effet indiquées plus haut, le niveau de risque est acceptable pour la totalité des éoliennes (personnes exposées inférieures à 1)

8.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques

8.3.1 Tableau de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque scénario étudié, les zones d'effets ainsi que les paramètres de cinétique, d'intensité, de probabilité et de gravité qui leur sont associés dans le cadre du projet de parc éolien des Genévriers.

Tableau 43 : Tableau de synthèse des scénarios étudiés

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur de machine en bout de pale (200 m)	Rapide	Exposition modérée	D (rare)	Modérée Pour toutes les éoliennes
Chute de glace	Zone de survol du rotor (disque de 81,5 m de rayon)	Rapide	Exposition modérée	A (événement courant)	Modérée Pour toutes les éoliennes
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol du rotor (disque de 81,5 m de rayon)	Rapide	Exposition modérée	C (improbable)	Modérée Pour toutes les éoliennes
Projection de pale ou de fragment de pale	Disque de 500 m de rayon autour du mât de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (rare)	Importante Pour les éoliennes E10, E12 et E13 Modérée pour les éoliennes E1 à E9, E11, E14 et E15

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Projection de glace	Disque de 421,5 m de rayon autour du mât de l'éolienne (formule = 1,5 x (H + 2R))	Rapide	Exposition modérée	B (probable)	Modérée Pour toutes les éoliennes

8.3.2 Synthèse d'acceptabilité des risques

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 suivante, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée précédemment, sera utilisée.

Tableau 44 : Matrice d'acceptabilité des scénarios étudiés

		CLASSE DE PROBABILITÉ				
		E	D	C	B	A
GRAVITÉ DES CONSÉQUENCES	Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
	Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
	Important	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
	Sérieux	Verte	Verte	Verte	Jaune	Rouge
	Modéré	Verte	Verte	Verte	Verte	Jaune

Détails des cellules de la matrice (à l'intersection des lignes de la gravité et des colonnes de la probabilité) :

- Sérieux / D :** Importante (Pour les éoliennes E10, E12 et E13)
- Modéré / D :** Effondrement d'éolienne (Modérée pour les éoliennes E1 à E9, E11, E14 et E15)
- Modéré / C :** Chute d'éléments (Modérée Pour toutes les éoliennes)
- Modéré / B :** Projection de glace (Modérée Pour toutes les éoliennes)
- Modéré / A :** Chute de glace (Modérée Pour toutes les éoliennes)

Légende :

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice (risque important et non acceptable) ;
- les différents scénarios étudiés présentent un niveau de risque faible à très faible (cases jaunes et vertes). Pour les cas présentant un risque faible, le choix d'aérogénérateurs récents et les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 permettent de rendre ce risque acceptable.

À la lumière des conclusions ci-dessus, il apparaît que les risques évalués pour la santé humaine en cas d'accident ou d'incident survenant sur le parc éolien des Genévriers sont acceptables pour chacune des

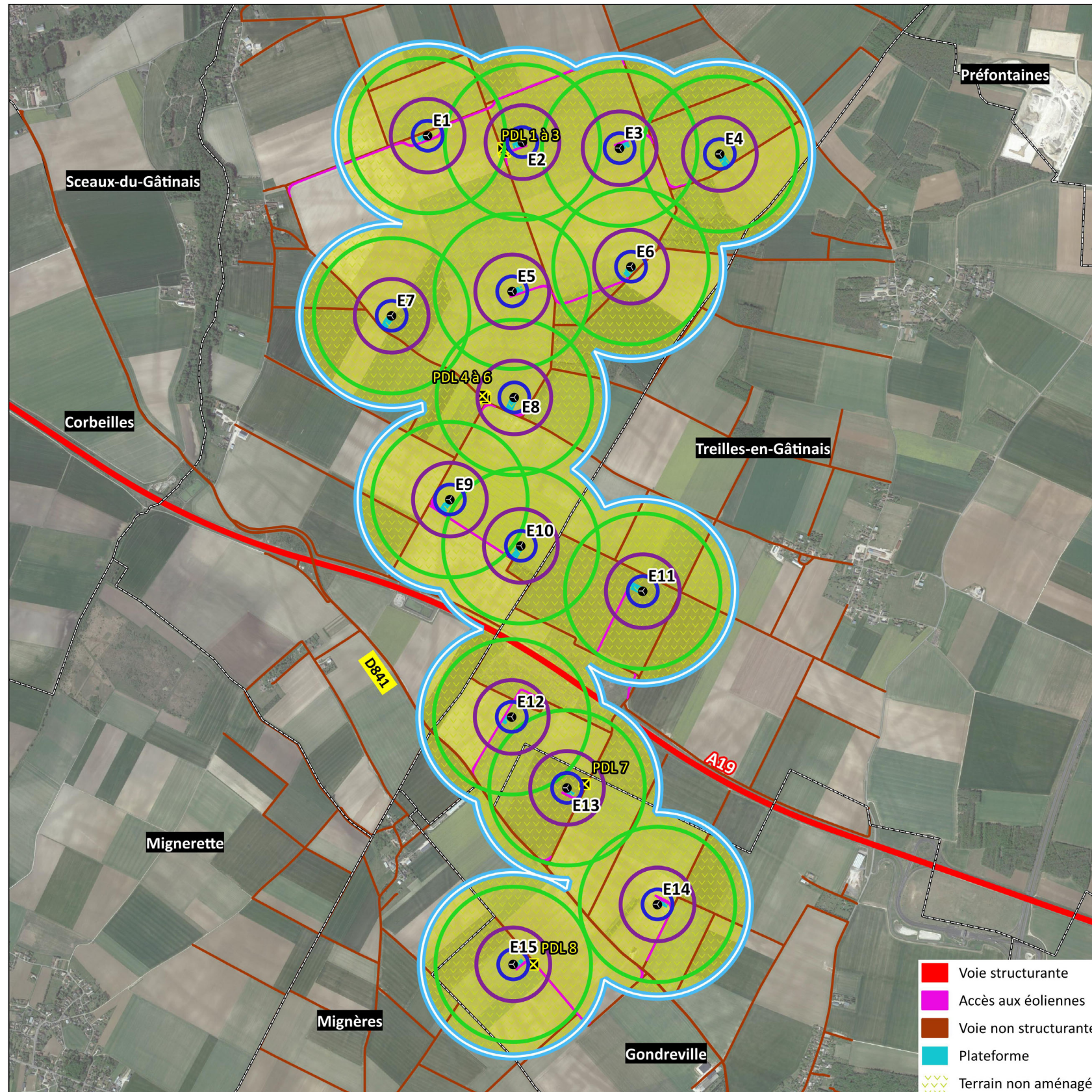
éoliennes équipant le parc, et ce, au regard des activités recensés sur le site, des potentiels de dangers identifiés et des données de fréquentation connues et/ou estimées.

8.3.3 Cartographie des risques

La carte de synthèse ci-après présente, pour les cinq scénarios analysés :

- les enjeux à protéger étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- le niveau d'intensité des différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de chacun de ces phénomènes ;
- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet ;
- les distances maximales des zones d'effets.

Cette carte de synthèse est ensuite déclinée pour chacun des 15 aérogénérateurs du parc éolien des Génévriers.



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

Synthèse des risques

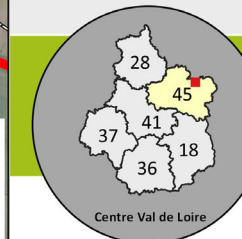
- Eolienne
- ✕ Poste de livraison
- Projection de pales (500 m)
Nombre de personnes exposées : 56,19 au maximum
>Gravité modérée à importante
- Projection de glace (421,5m)
Nombre de personnes exposées : 0,70 au maximum
>Gravité modérée
- Effondrement (200 m)
Nombre de personnes exposées : 0,19 au maximum
>Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,05 au maximum
>Gravité modérée
- Chute d'éléments (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,05 au maximum
>Gravité modérée

Intensité du risque

- Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

- Voie structurante
- Accès aux éoliennes
- Voie non structurante
- Plateforme
- Terrain non aménagé

□ Limite communale

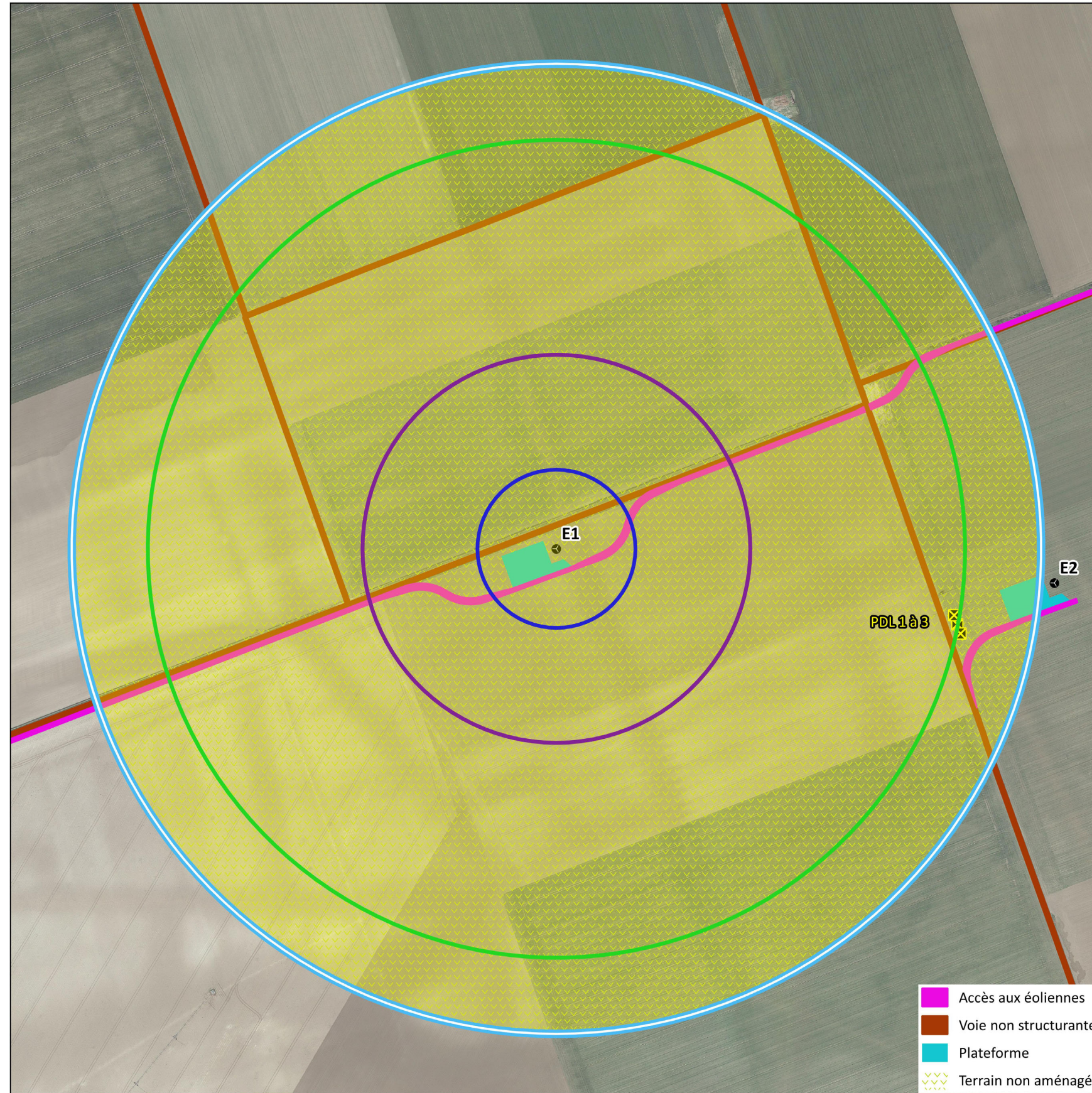


Source : OpenStreetMap
Fond : Google Satellite® - ©Google
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES juin 2021

0 250 500 m



Carte 26 : Synthèse des risques pour les éoliennes des Genévriers



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

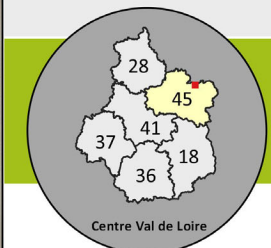
Synthèse des risques Eolienne E1

- Eolienne
- ⊠ Poste de livraison
- Projection de pales (500 m)
Nombre de personnes exposées : 0,98
>Gravité modérée
- Projection de glace (421,5m)
Nombre de personnes exposées : 0,70
>Gravité modérée
- Effondrement (200 m)
Nombre de personnes exposées : 0,18
>Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,05
>Gravité modérée
- Chute d'éléments (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,05
>Gravité modérée

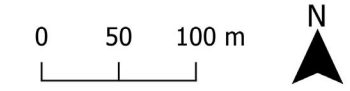
Intensité du risque

■ Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

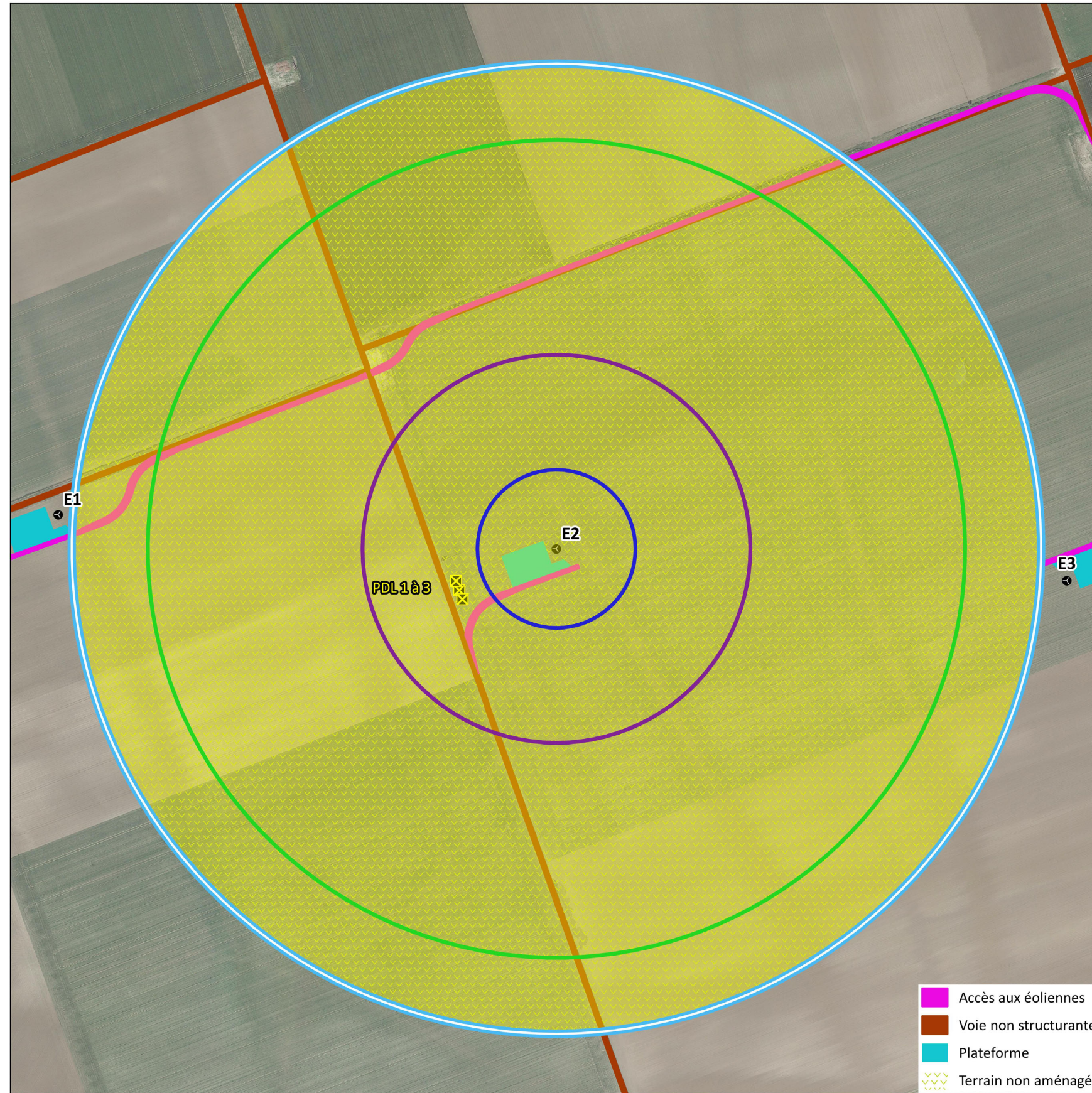
- Accès aux éoliennes
- Voie non structurante
- Plateforme
- Terrain non aménagé



Source : OpenStreetMap
Fond : Google Satellite® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES juin 2021



Carte 27 : Synthèse des risques pour l'éolienne E1



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

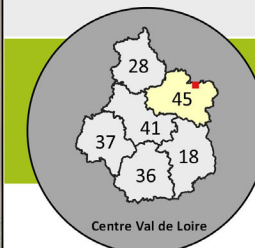
Synthèse des risques Eolienne E2

- Eolienne
- ⊠ Poste de livraison
- Projection de pales (500 m)
Nombre de personnes exposées : 0,94
>Gravité modérée
- Projection de glace (421,5m)
Nombre de personnes exposées : 0,69
>Gravité modérée
- Effondrement (200 m)
Nombre de personnes exposées : 0,17
>Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,04
>Gravité modérée
- Chute d'éléments (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,04
>Gravité modérée

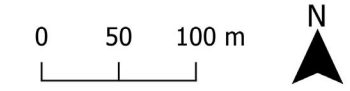
Intensité du risque

■ Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

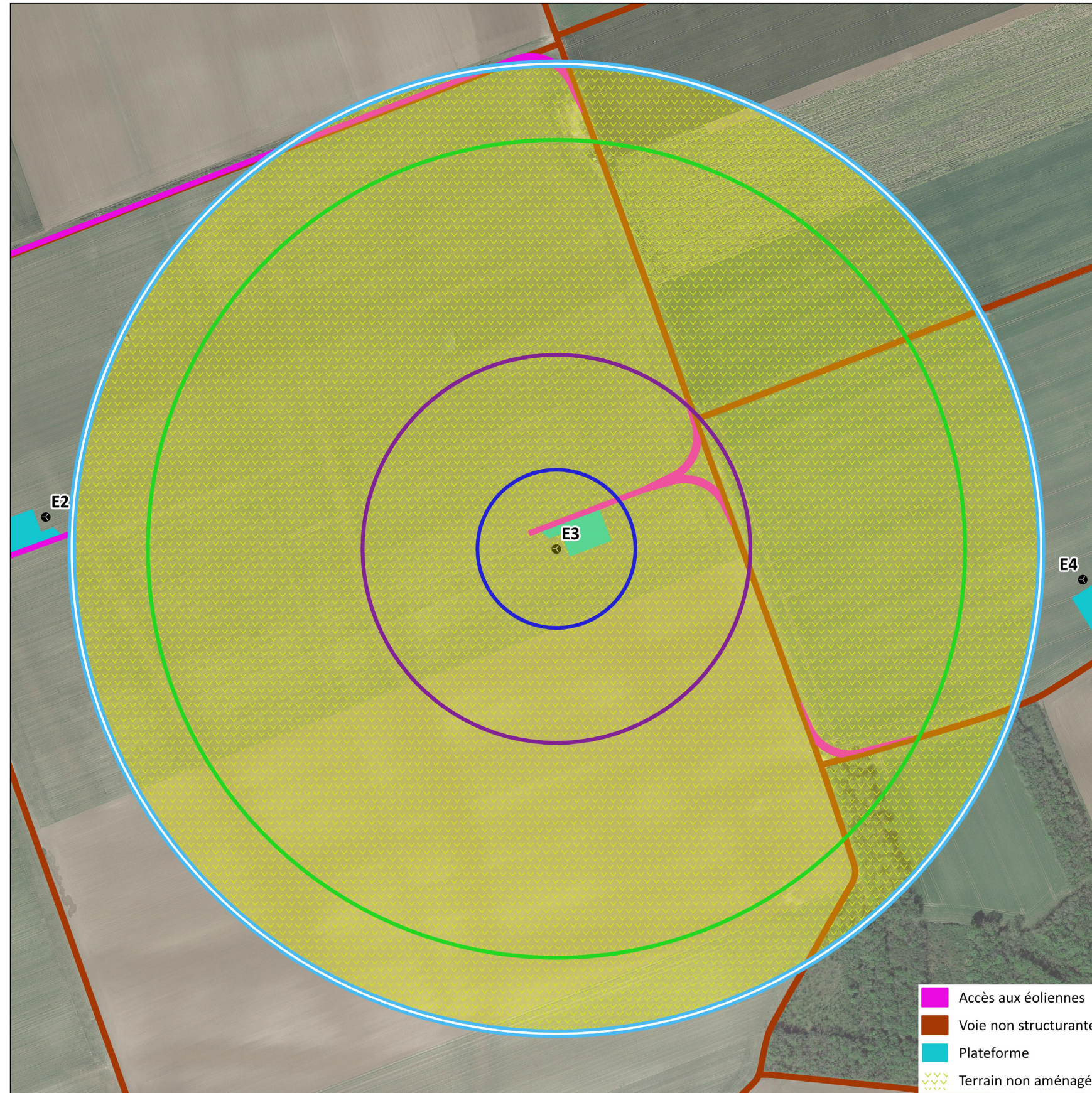
- Accès aux éoliennes
- Voie non structurante
- Plateforme
- Terrain non aménagé



Source : OpenStreetMap
Fond : Google Satellite® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES juin 2021



Carte 28 : Synthèse des risques pour l'éolienne E2



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

Synthèse des risques Eolienne E3

• Eolienne

Projection de pales (500 m)
Nombre de personnes exposées : 0,91
>Gravité modérée

Projection de glace (421,5m)
Nombre de personnes exposées : 0,64
>Gravité modérée

Effondrement (200 m)
Nombre de personnes exposées : 0,17
>Gravité modérée

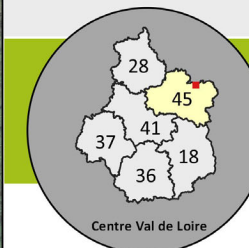
Chute de glace (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,04
>Gravité modérée

Chute d'éléments (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,04
>Gravité modérée

Intensité du risque

Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

Accès aux éoliennes
 Voie non structurante
 Plateforme
 Terrain non aménagé

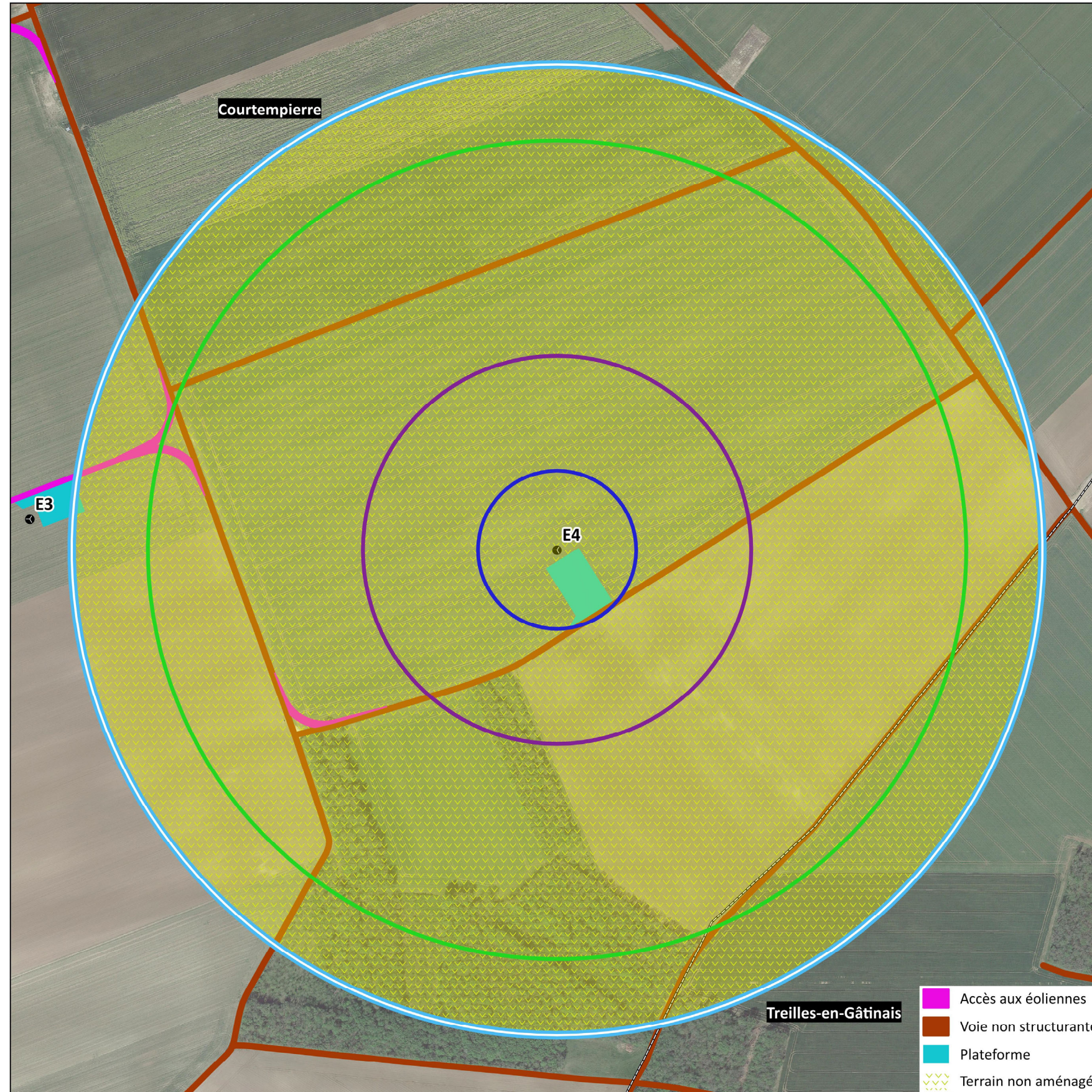


Source : OpenStreetMap
Fond : Google Satellite® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES juin 2021

0 50 100 m



Carte 29 : Synthèse des risques pour l'éolienne E3



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

Synthèse des risques Eolienne E4

- Eolienne
- Projection de pales (500 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,98
 >Gravité modérée
- Projection de glace (421,5m)
 Nombre de personnes exposées : 0,69
 >Gravité modérée
- Effondrement (200 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,17
 >Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,05
 >Gravité modérée
- Chute d'éléments (81,5 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,05
 >Gravité modérée

Intensité du risque

Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

- Accès aux éoliennes
- Voie non structurante
- Plateforme
- Terrain non aménagé

Limite communale

Source : OpenStreetMap
 Fond : Google Satellite® - ©IGN Paris
 Reproduction interdite
 Réalisation : ABIES juin 2021

0 50 100 m

Carte 30 : Synthèse des risques pour l'éolienne E4



Projet éolien des Genévriers



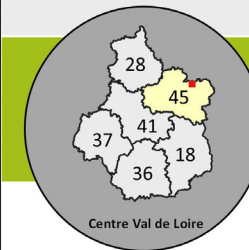
Synthèse des risques Eolienne E5

- Eolienne
- Projection de pales (500 m)
Nombre de personnes exposées : 0,89
>Gravité modérée
- Projection de glace (421,5m)
Nombre de personnes exposées : 0,67
>Gravité modérée
- Effondrement (200 m)
Nombre de personnes exposées : 0,15
>Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,04
>Gravité modérée
- Chute d'éléments (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,04
>Gravité modérée

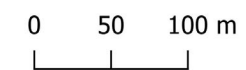
Intensité du risque

Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

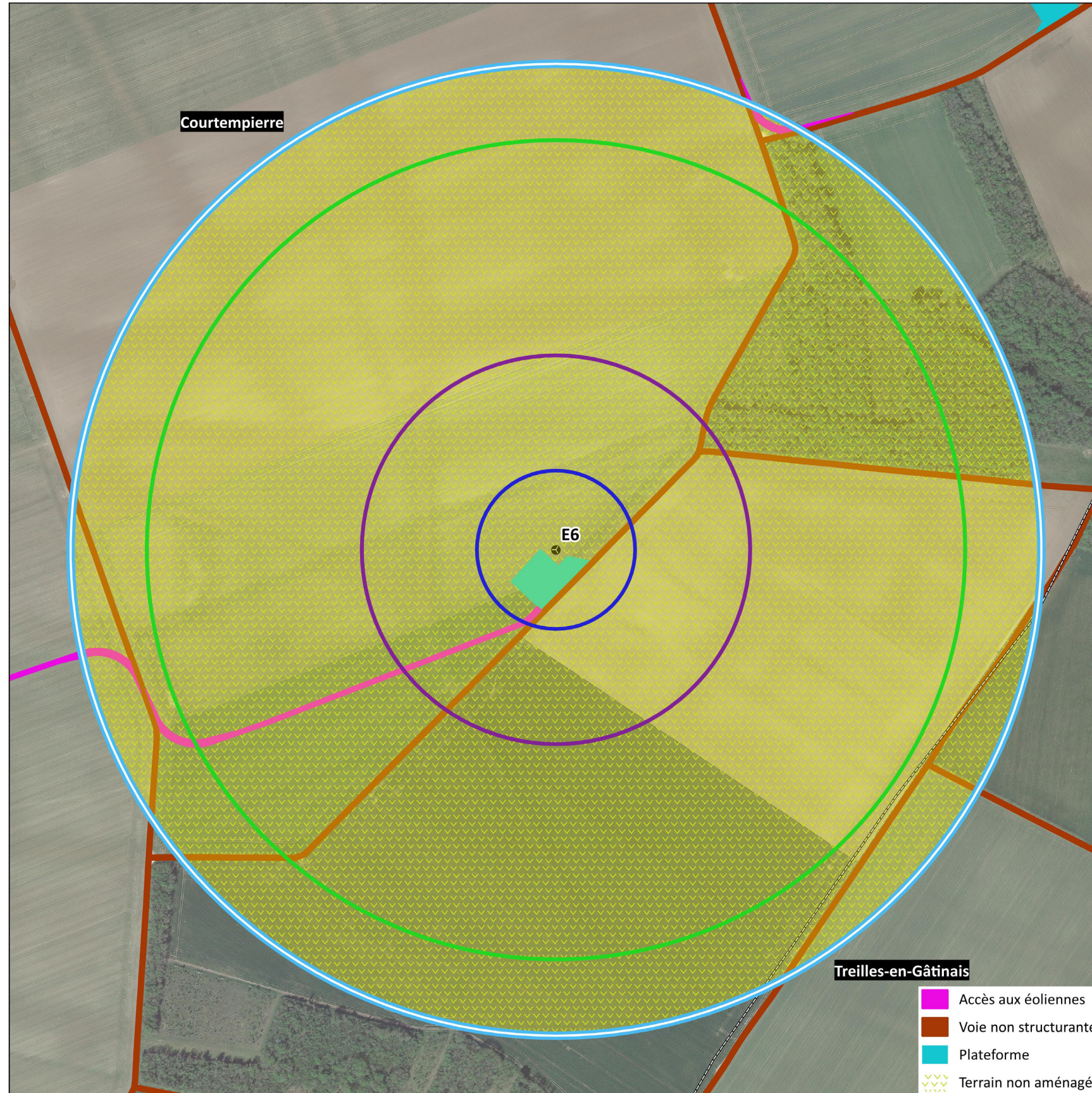
- Accès aux éoliennes
- Voie non structurante
- Plateforme
- Terrain non aménagé



Source : OpenStreetMap
Fond : Google Satellite® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES juin 2021



Carte 31 : Synthèse des risques pour l'éolienne E5



Projet éolien des Genévriers



Synthèse des risques Eolienne E6

• Eolienne

Projection de pales (500 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,94
 >Gravité modérée

Projection de glace (421,5m)
 Nombre de personnes exposées : 0,65
 >Gravité modérée

Effondrement (200 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,15
 >Gravité modérée

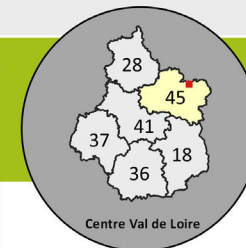
Chute de glace (81,5 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,05
 >Gravité modérée

Chute d'éléments (81,5 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,05
 >Gravité modérée

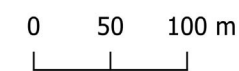
Intensité du risque

Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

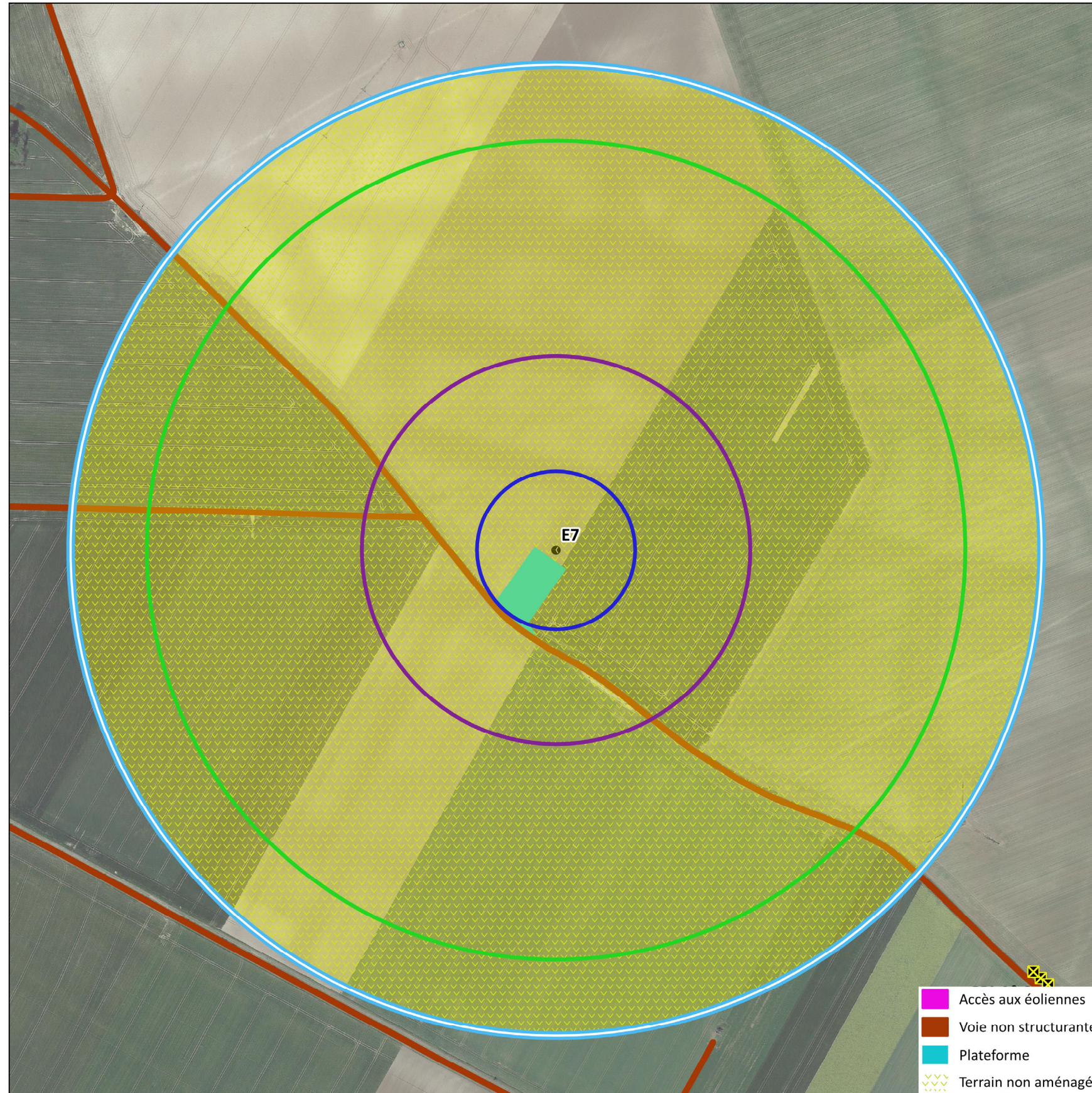
▭ Limite communale



Source : OpenStreetMap
 Fond : Google Satellite® - ©IGN Paris
 Reproduction interdite
 Réalisation : ABIES juin 2021



Carte 32 : Synthèse des risques pour l'éolienne E6



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

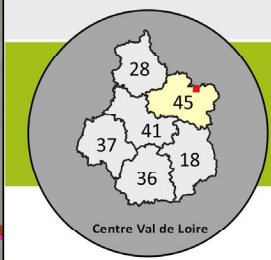
Synthèse des risques Eolienne E7

- Eolienne
- ⊠ Poste de livraison
- Projection de pales (500 m)
Nombre de personnes exposées : 0,88
>Gravité modérée
- Projection de glace (421,5m)
Nombre de personnes exposées : 0,64
>Gravité modérée
- Effondrement (200 m)
Nombre de personnes exposées : 0,17
>Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,05
>Gravité modérée
- Chute d'éléments (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,05
>Gravité modérée

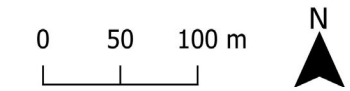
Intensité du risque

■ Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

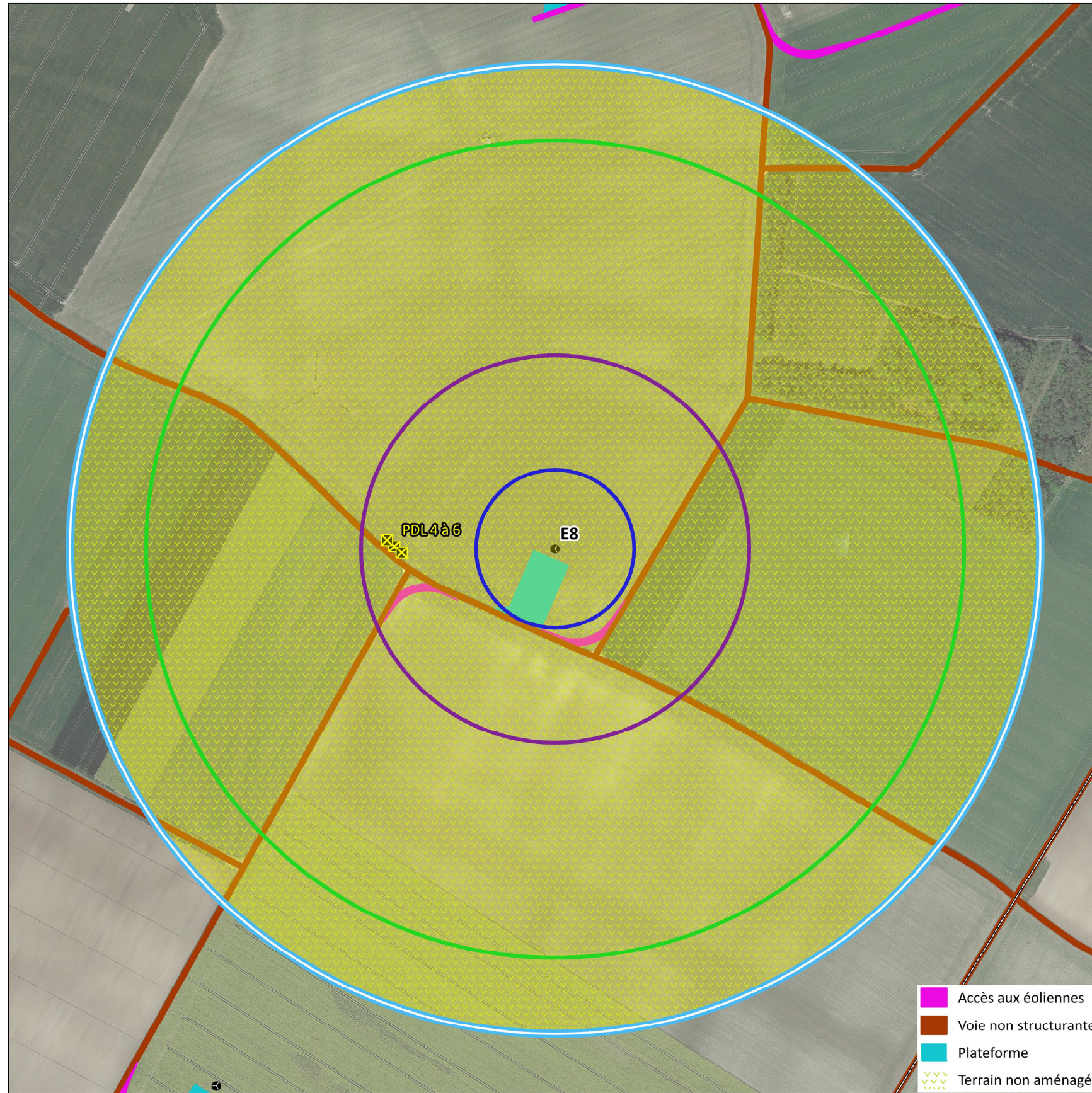
- Accès aux éoliennes
- Voie non structurante
- Plateforme
- Terrain non aménagé



Source : OpenStreetMap
Fond : Google Satellite® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES juin 2021



Carte 33 : Synthèse des risques pour l'éolienne E7



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

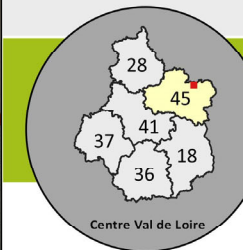
Synthèse des risques Eolienne E8

- Eolienne
- Poste de livraison
- Projection de pales (500 m)
Nombre de personnes exposées : 0,94
>Gravité modérée
- Projection de glace (421,5m)
Nombre de personnes exposées : 0,72
>Gravité modérée
- Effondrement (200 m)
Nombre de personnes exposées : 0,19
>Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,05
>Gravité modérée
- Chute d'éléments (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,05
>Gravité modérée

Intensité du risque

Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

Limite communale



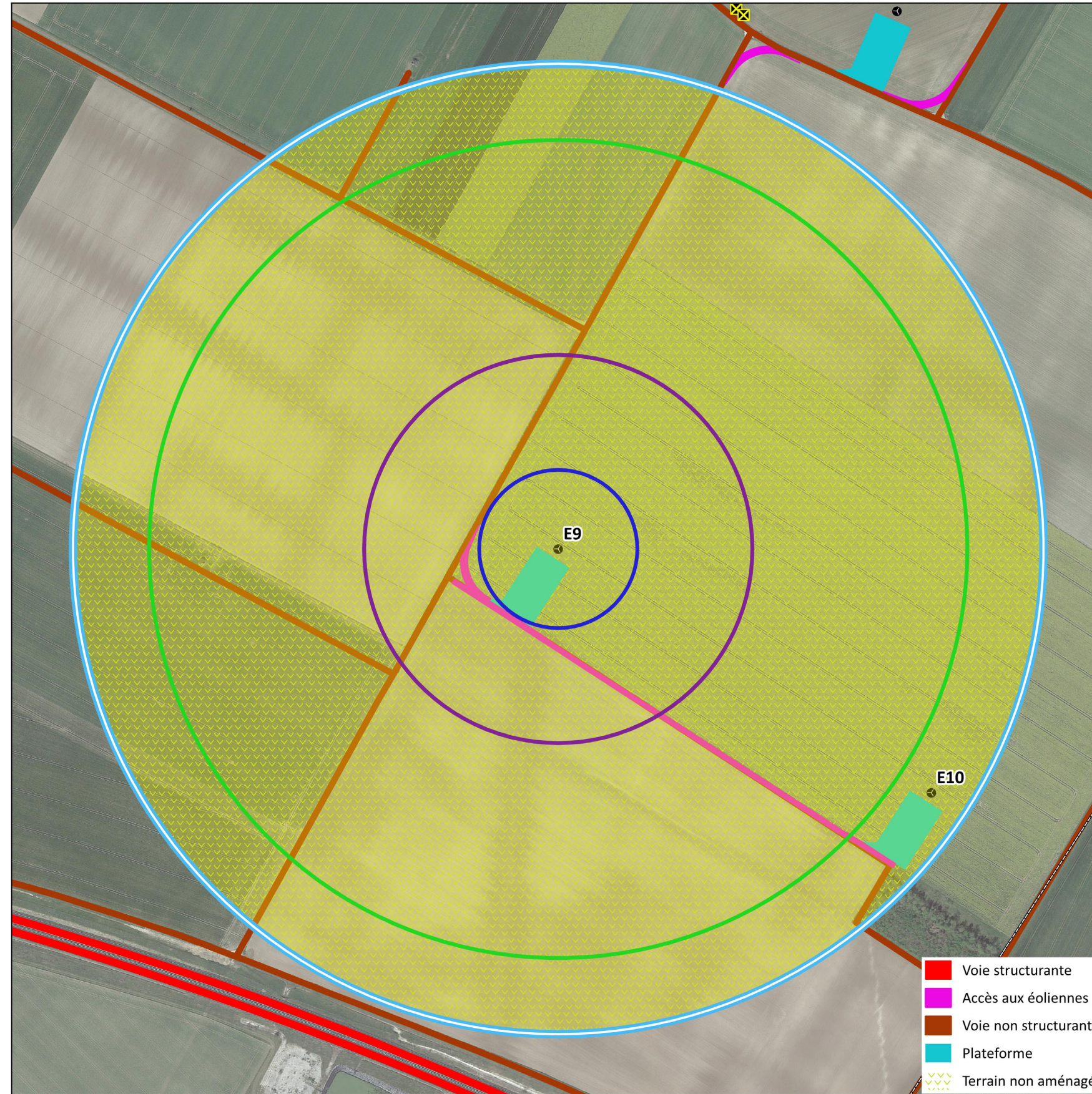
Source : OpenStreetMap
Fond : Google Satellite® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES juin 2021

0 50 100 m



- Accès aux éoliennes
- Voie non structurante
- Plateforme
- Terrain non aménagé

Carte 34 : Synthèse des risques pour l'éolienne E8



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

Synthèse des risques Eolienne E9

- Eolienne
- ⊠ Poste de livraison

Projection de pales (500 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,96
 >Gravité modérée

Projection de glace (421,5m)
 Nombre de personnes exposées : 0,68
 >Gravité modérée

Effondrement (200 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,19
 >Gravité modérée

Chute de glace (81,5 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,05
 >Gravité modérée

Chute d'éléments (81,5 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,05
 >Gravité modérée

Intensité du risque

Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

- Voie structurante
- Accès aux éoliennes
- Voie non structurante
- Plateforme
- Terrain non aménagé

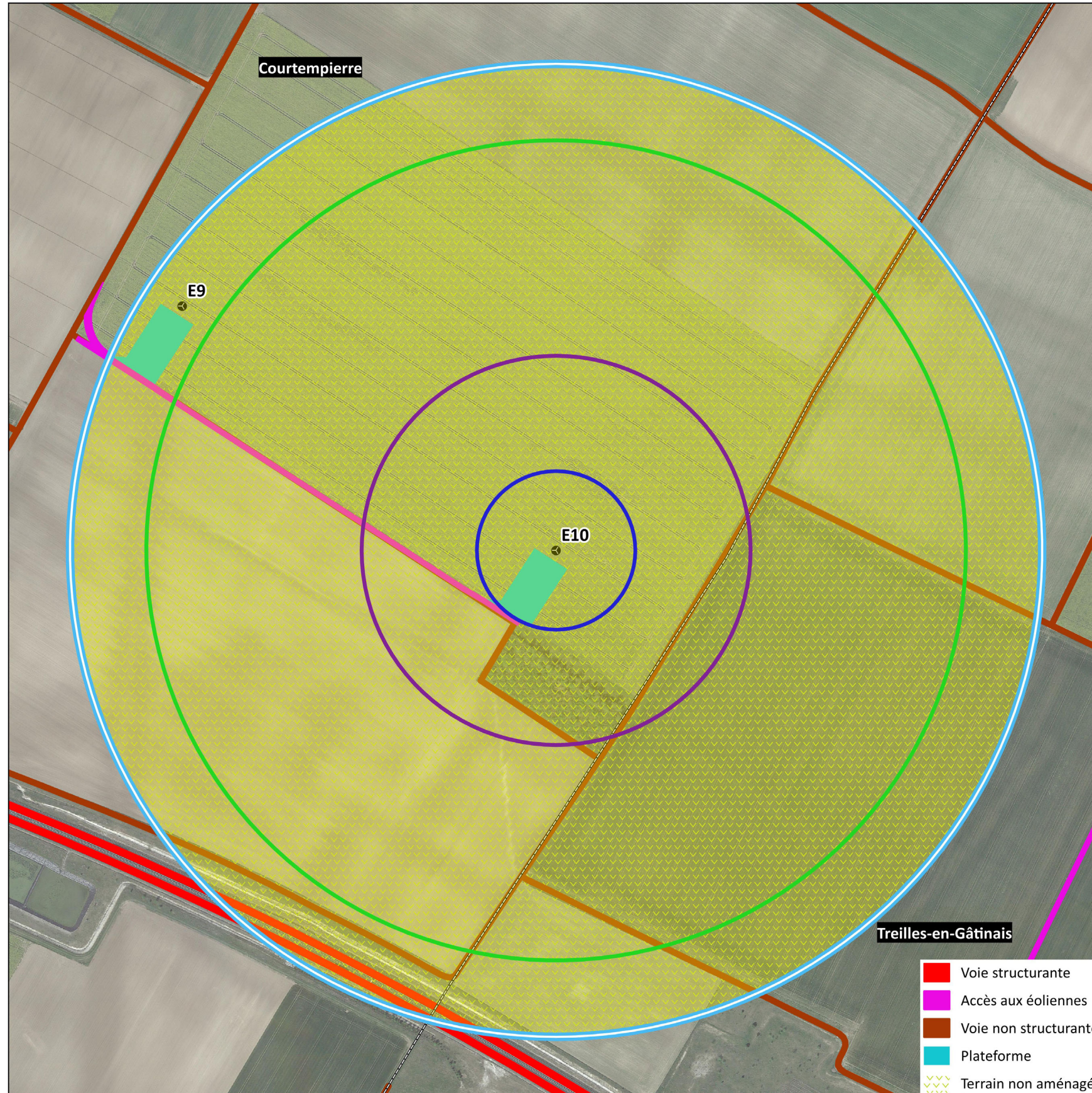
Limite communale

Source : OpenStreetMap
 Fond : Google Satellite® - ©IGN Paris
 Reproduction interdite
 Réalisation : ABIES juin 2021

0 50 100 m

N

Carte 35 : Synthèse des risques pour l'éolienne E9



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

Synthèse des risques Eolienne E10

- Eolienne
- Projection de pales (500 m)
Nombre de personnes exposées : 20,67
>Gravité importante
- Projection de glace (421,5m)
Nombre de personnes exposées : 0,67
>Gravité modérée
- Effondrement (200 m)
Nombre de personnes exposées : 0,19
>Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,05
>Gravité modérée
- Chute d'éléments (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,05
>Gravité modérée

Intensité du risque

Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

- Voie structurante
- Accès aux éoliennes
- Voie non structurante
- Plateforme
- Terrain non aménagé

Centre Val de Loire

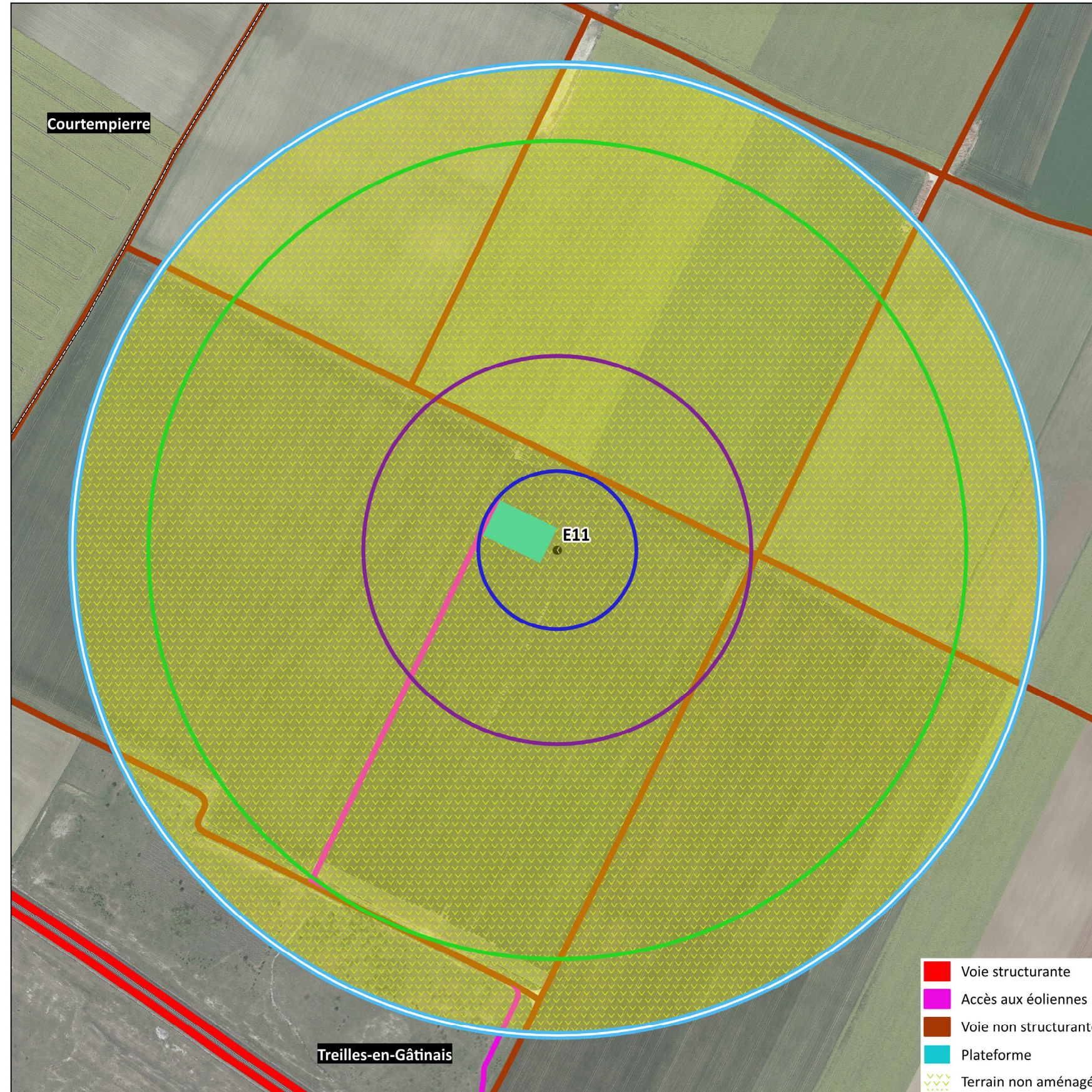
Limite communale

Source : OpenStreetMap
Fond : Google Satellite® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES juin 2021

0 50 100 m

N

Carte 36 : Synthèse des risques pour l'éolienne E10



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

Synthèse des risques Eolienne E11

• Eolienne

Projection de pales (500 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,97
 >Gravité modérée

Projection de glace (421,5m)
 Nombre de personnes exposées : 0,69
 >Gravité modérée

Effondrement (200 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,18
 >Gravité modérée

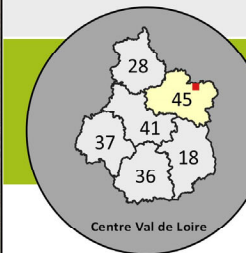
Chute de glace (81,5 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,05
 >Gravité modérée

Chute d'éléments (81,5 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,05
 >Gravité modérée

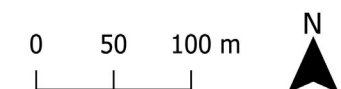
Intensité du risque

Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

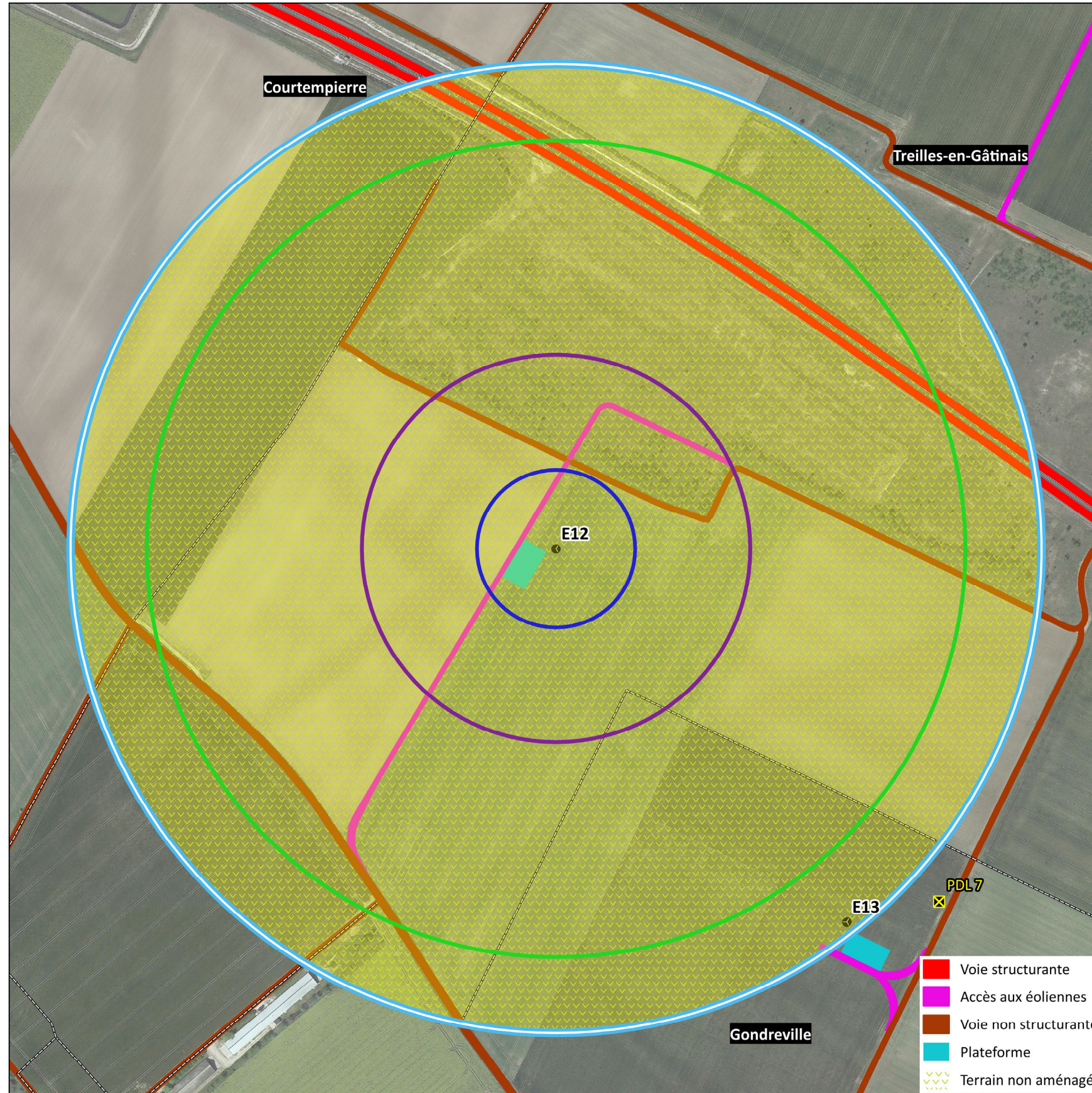
Limite communale



Source : OpenStreetMap
 Fond : Google Satellite® - ©IGN Paris
 Reproduction interdite
 Réalisation : ABIES juin 2021



Carte 37 : Synthèse des risques pour l'éolienne E11



Projet éolien des Genévriers

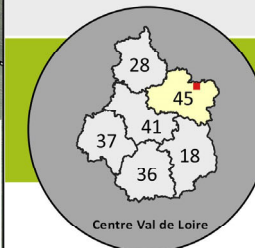
45
Loiret

Synthèse des risques Eolienne E12

- Eolienne
- Poste de livraison
- Projection de pales (500 m)
Nombre de personnes exposées : 56,19
>Gravité à importante
- Projection de glace (421,5m)
Nombre de personnes exposées : 0,64
>Gravité importante
- Effondrement (200 m)
Nombre de personnes exposées : 0,17
>Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,04
>Gravité modérée
- Chute d'éléments (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,04
>Gravité modérée

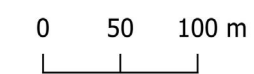
Intensité du risque

Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

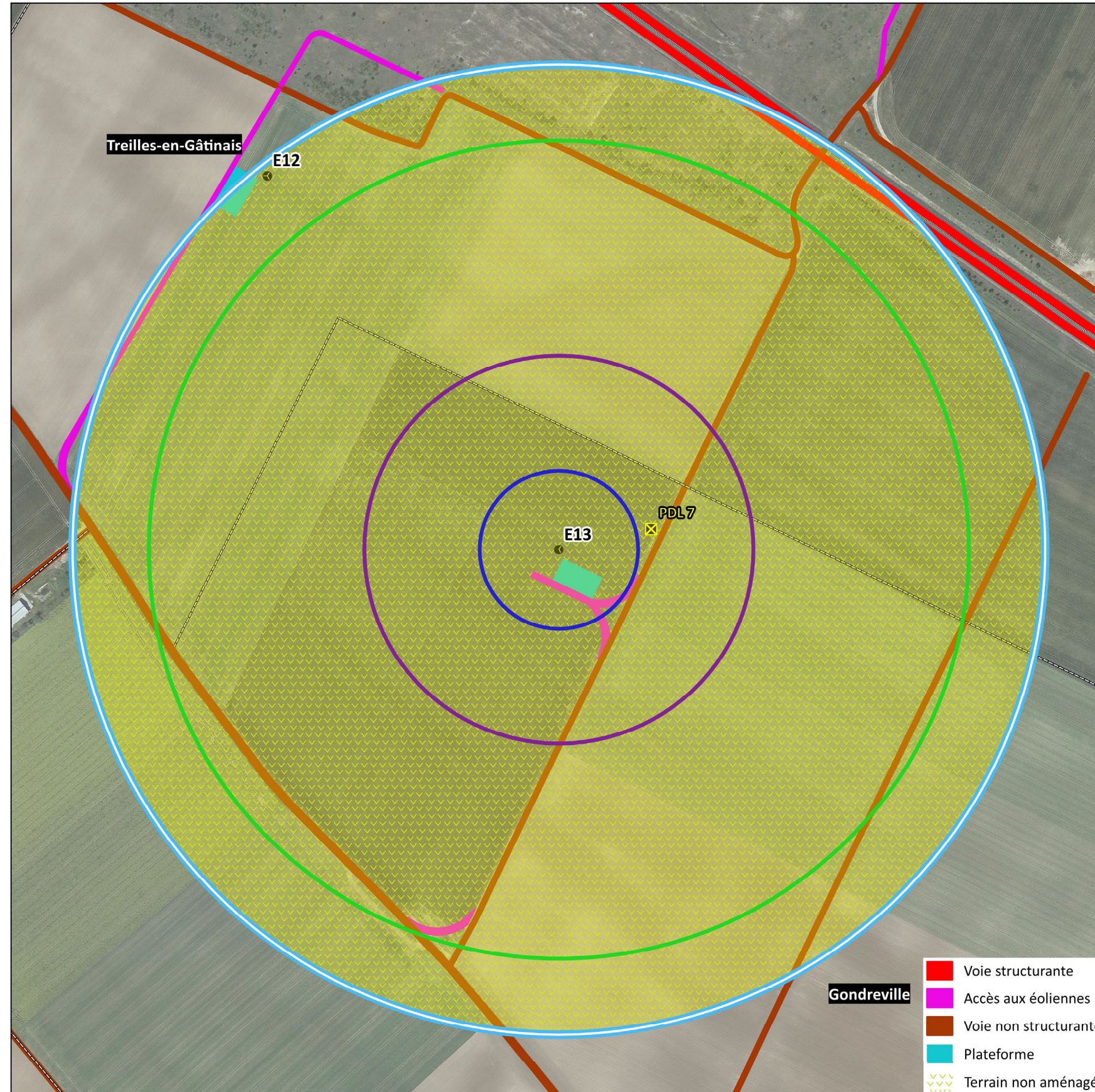


Limite communale

Source : OpenStreetMap
Fond : Google Satellite® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES juin 2021



Carte 38 : Synthèse des risques pour l'éolienne E12



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

Synthèse des risques Eolienne E13

- Eolienne
- Poste de livraison
- Projection de pales (500 m)
Nombre de personnes exposées : 10,06
>Gravité importante
- Projection de glace (421,5m)
Nombre de personnes exposées : 0,68
>Gravité modérée
- Effondrement (200 m)
Nombre de personnes exposées : 0,18
>Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,04
>Gravité modérée
- Chute d'éléments (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,04
>Gravité modérée

Intensité du risque

Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

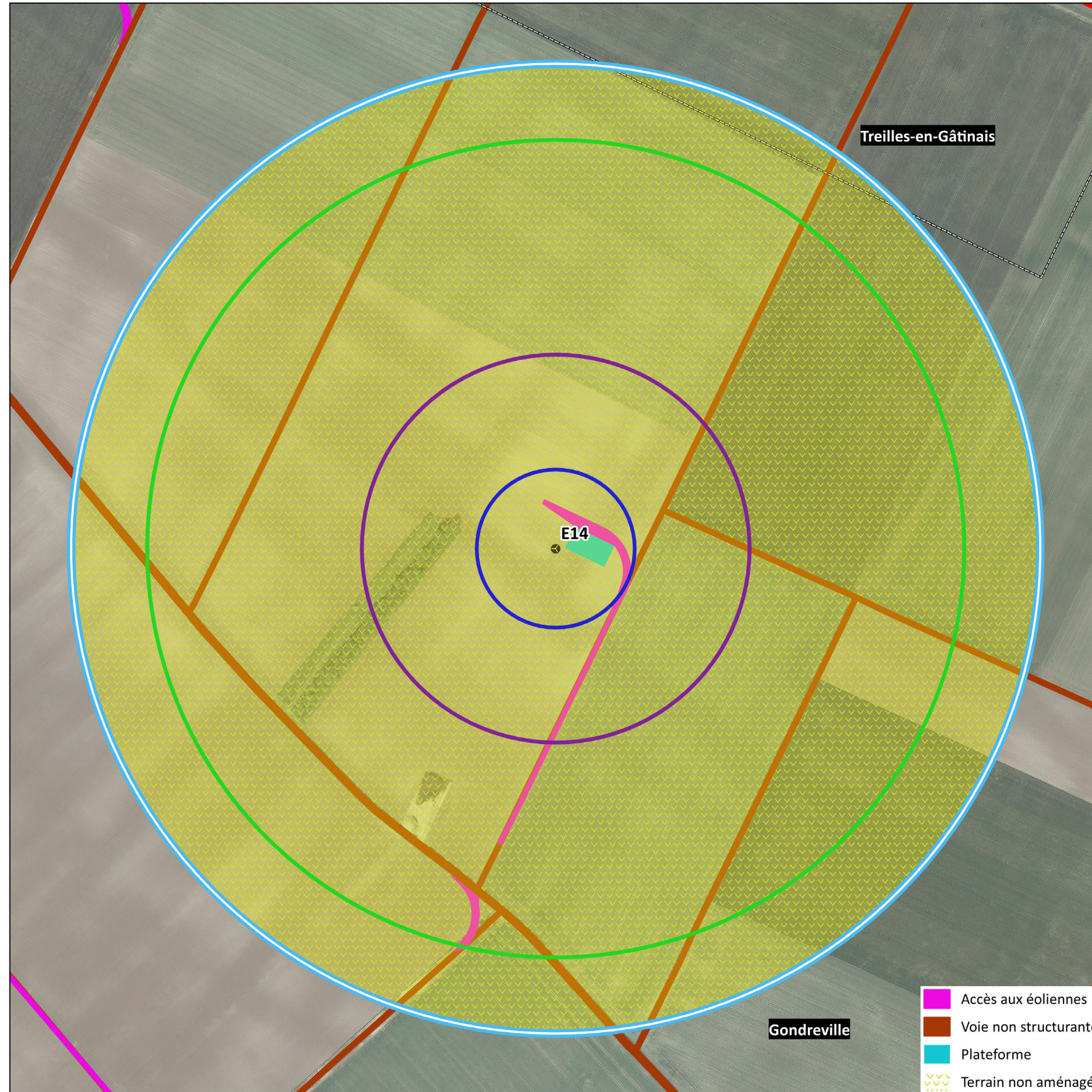
- Voie structurante
- Accès aux éoliennes
- Voie non structurante
- Plateforme
- Terrain non aménagé

Limite communale

Source : OpenStreetMap
Fond : Google Satellite® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES juin 2021

0 50 100 m

Carte 39 : Synthèse des risques pour l'éolienne E13.



Projet éolien des Genévriers

45
Loiret

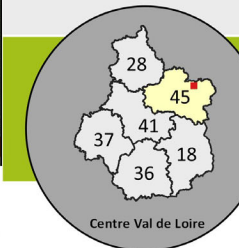
Synthèse des risques Eolienne E14

- Eolienne
- Projection de pales (500 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,92
 >Gravité modérée
- Projection de glace (421,5m)
 Nombre de personnes exposées : 0,67
 >Gravité modérée
- Effondrement (200 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,17
 >Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,04
 >Gravité modérée
- Chute d'éléments (81,5 m)
 Nombre de personnes exposées : 0,04
 >Gravité modérée

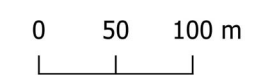
Intensité du risque

Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

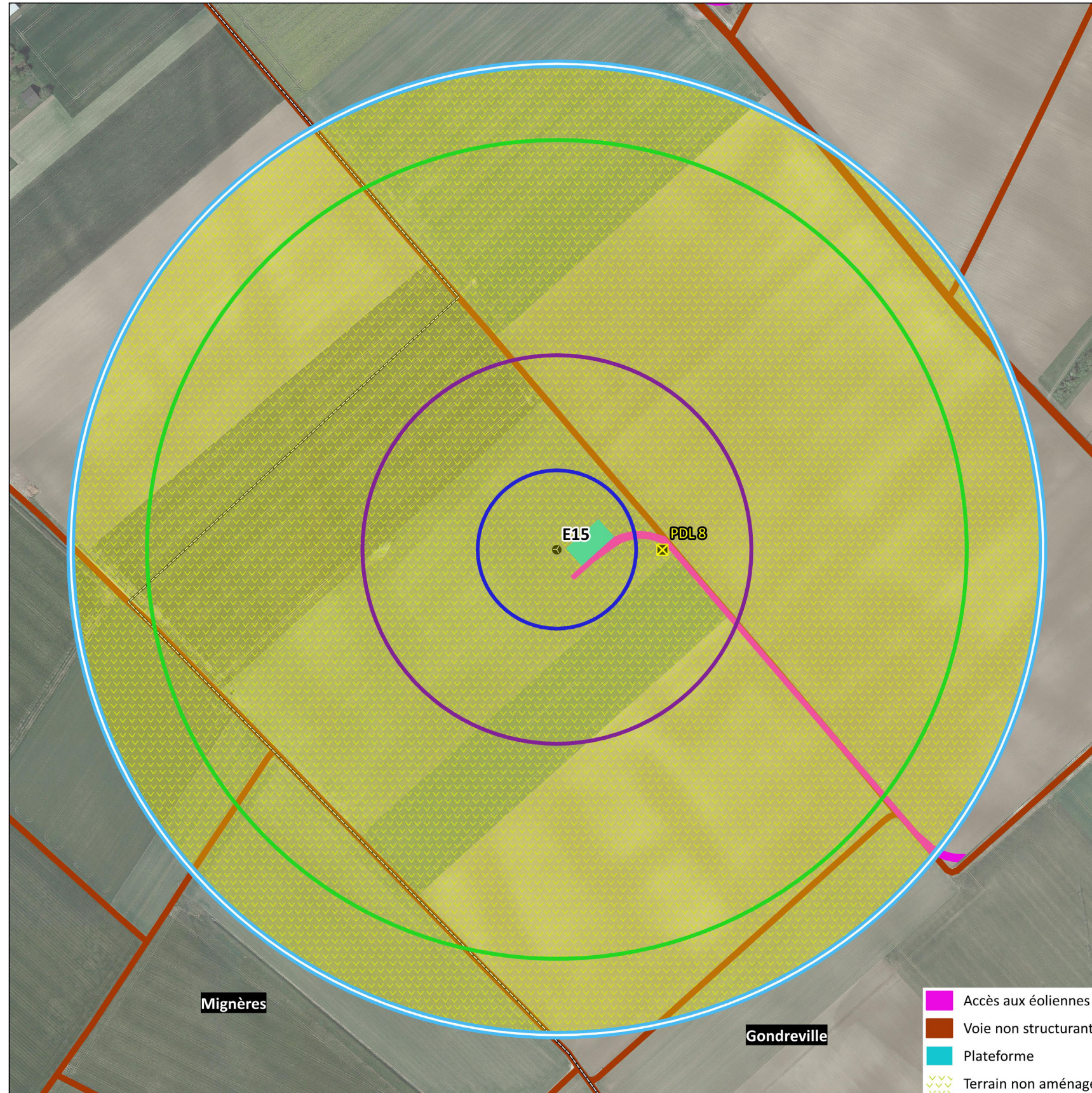
Limite communale



Source : OpenStreetMap
 Fond : Google Satellite® - ©IGN Paris
 Reproduction interdite
 Réalisation : ABIES juin 2021



Carte 40 : Synthèse des risques pour l'éolienne E14



Projet éolien des Genévriers



Synthèse des risques Eolienne E15

- Eolienne
- ✘ Poste de livraison
- Projection de pales (500 m)
Nombre de personnes exposées : 0,90
>Gravité modérée
- Projection de glace (421,5m)
Nombre de personnes exposées : 0,63
>Gravité modérée
- Effondrement (200 m)
Nombre de personnes exposées : 0,16
>Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,03
>Gravité modérée
- Chute d'éléments (81,5 m)
Nombre de personnes exposées : 0,03
>Gravité modérée

Intensité du risque

Exposition modérée pour les scénarios de "Projection de pale", "Projection de glace", "Effondrement", "Chute de glace" et "Chute d'éléments"

- Accès aux éoliennes
- Voie non structurante
- Plateforme
- Terrain non aménagé

Limite communale

Source : OpenStreetMap
Fond : Google Satellite® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES juin 2021

0 50 100 m

Carte 41 : Synthèse des risques pour l'éolienne E15

9 CONCLUSION

Étude de dangers du parc éolien des Génévriers

L'analyse du retour d'expérience recensant les accidents et les incidents survenus sur les installations éoliennes et l'analyse préliminaire des risques ont permis d'identifier cinq scénarios d'accidents majeurs pour l'installation du parc éolien des Génévriers :

- effondrement de l'éolienne ;
- chute de glace ;
- chute d'éléments de l'éolienne ;
- projection de pales ou de fragments de pales ;
- projection de glace.

Chaque accident majeur est caractérisé par son intensité, sa probabilité et sa gravité.

L'**effondrement de l'éolienne** présente une intensité modérée et sa probabilité est jugée « rare » d'après les retours d'expériences et les mesures correctives mises en place pour éviter ce genre d'accident (contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages, procédure de maintenance, détection et prévention des vents forts et tempêtes, diminution de la prise au vent de l'éolienne, procédure d'intervention). Au regard des enjeux recensés dans la zone d'effet du phénomène (rayon de 200 m autour de chaque mât), sa gravité est considérée comme « Modérée » pour chacun des aérogénérateurs. Les enjeux sont les suivants : terrains non aménagés et très peu fréquentés, pistes d'accès aux éoliennes et plateformes, voies non structurantes.

Les scénarios d'accidents susceptibles de se produire sur la zone de survol du rotor, à savoir la **chute de glace** et la **chute d'éléments de l'éolienne** (pale, fragment de pale, boulons, etc.) ont une intensité modérée. La probabilité de l'évènement chute de glace est qualifiée de « courante » tandis que celle de la chute d'éléments est « improbable ». Un panneau d'avertissement sur le risque potentiel de chute de glace sera installé sur le chemin d'accès de chaque éolienne tandis que les principales mesures de sécurité visant à réduire le risque de chute d'éléments consisteront en des contrôles réguliers des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) et en la mise en place des procédures générales de maintenance. Au regard des enjeux recensés dans la zone d'effet de ces deux phénomènes (rayon de 81,5 m autour du mât), leur gravité est considérée comme « Modérée » pour la chute de glace et d'éléments. Ces enjeux sont les suivants : terrains non aménagés et très peu fréquentés, plateformes et les voies non structurantes.

Le scénario de **projection de glace** présente une intensité modérée et il est considéré comme « probable » d'après les retours d'expériences. À l'instar de la chute de glace, les panneaux d'avertissement installés sur les chemins d'accès informeront sur ce risque de projection. Par ailleurs, un système de détection ou de déduction de la formation de glace présent sur les pales de l'aérogénérateur mettra la machine à l'arrêt en cas de formation de glace. Au regard des enjeux recensés dans la zone d'effet du phénomène (rayon de 421,5 m autour de chaque mât), sa gravité est considérée comme « Modérée » pour tous les aérogénérateurs. Les enjeux sont les suivants : terrains non aménagés et très peu fréquentés, pistes d'accès aux éoliennes et plateformes, voies non structurantes. A noter que la RD841 et l'autoroute ont été écartées de l'analyse conformément au guide l'INERIS, la possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un véhicule étant négligeable.

Enfin, le scénario de **projection de pales ou de fragments de pales** présente une intensité modérée et une probabilité « rare » selon les retours d'expériences et les mesures correctives pour éviter ce genre d'accident (détection de survitesse et système de freinage, contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages, détection et prévention des vents forts et tempêtes, diminution de la prise au vent de l'éolienne). Au regard des enjeux recensés dans la zone d'effet du phénomène (rayon de 500 m autour de chaque mât), sa gravité est considérée comme « Modérée » les éoliennes E1 à E9, E11, E14 et E15 et « Importante » pour les éoliennes E10, E12 et E13. Les enjeux sont les suivants : terrains non aménagés et très peu fréquentés, pistes d'accès aux éoliennes et plateformes, voies non structurantes, la RD841 et l'autoroute.

Enfin, au regard des enjeux identifiés au sein des zones d'effets des différents phénomènes étudiés, du nombre de personnes permanentes exposées à ces phénomènes et des mesures de maîtrise des risques mises en place sur l'installation, l'étude détaillée réalisée dans la présente étude des dangers conclut à des niveaux de risques très faibles à faibles. Ces risques sont jugés acceptables.

10 ANNEXES

10.1	Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne	130
10.1.1	Terrains non bâtis.....	130
10.1.2	Voies de circulation.....	130
10.1.3	Logements	130
10.1.4	Établissements recevant du public	130
10.1.5	Zone d'activité.....	131
10.2	Tableau de l'accidentologie française	131
10.3	Zones d'effet retenues.....	146
10.4	Scénarios génériques issus de l'Analyse Préliminaire des Risques.....	147
10.4.1	Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)	147
10.4.2	Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)	147
10.4.3	Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02).....	147
10.4.4	Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03).....	148
10.4.5	Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P03)	148
10.4.6	Scénarios relatifs aux risques d'effondrement de l'éolienne (E01 à E10)	148
10.5	Probabilité d'atteinte et risque individuel	148
10.6	Exemple d'écran des systèmes SCADA Nordex, Vestas et Enercon	150
10.7	Glossaire	161
10.8	Bibliographie et références utilisées.....	162

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

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

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

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

10.1.1 Terrains non bâtis

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

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

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

10.1.2 Voies de circulation

10.1.2.1 Voies de circulation automobiles structurantes

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

Pour les voies structurantes, on comptera dans le cas général 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

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

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

10.1.2.2 Voies ferroviaires

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

10.1.2.3 Voies navigables

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

10.1.2.4 Chemins et voies piétonnes

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

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

10.1.3 Logements

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

10.1.4 Établissements recevant du public

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

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

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

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

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

10.1.5 Zone d'activité

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

10.2 Tableau de l'accidentologie française

Le tableau ci-après a été initié par le groupe de travail constitué pour la réalisation de la trame type de l'étude de dangers des installations éoliennes. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et août 2020. Les accidents sont présentés par ordre chronologique.

Tableau 45 : Accidentologie recensée en France entre les années 2000 et août 2020 (Sources : base de données ARIA, articles de presse)

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Cause (simplifiée)	Source(s) de l'information
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5 MW	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Tempête	Rapport du CGM et site Vent de Colère
									Foudre	
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75 MW	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Inconnue	Site Vent de Colère
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4 MW	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Tempête	Rapport du CGM et site Vent du Bocage
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85 MW	2002	Non	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Tempête	Rapport du CGM, site Vent de Colère et article de presse (Midi Libre)
									Dysfonctionnement du système de freinage	
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75 MW	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)
Projection d'éléments	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75 MW	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM et article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)
Effondrement	01/01/2004	Le Portel - Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75 MW	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Tempête	Base de données ARIA, rapport du CGM, site Vent de Colère, articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage - Port de Dunkerque	Nord	0,3 MW	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Rupture de pieux de la fondation	Base de données ARIA, rapport du CGM, site Vent de Colère, articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Cause (simplifiée)	Source(s) de l'information
Projection d'éléments	22/06/2004 et 08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3 MW	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50 m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Tempête dysfonctionnement interne	Rapport du CGM, articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)
Rupture de pale	2004	Escalles-Conilhac	Aude	0,75 MW	2003	Non	Bris de trois pales		Inconnue	Site Vent de Colère
Incendie d'éolienne	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75 MW	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Maintenance	Base de données ARIA, article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère
projection d'éléments									Dysfonctionnement du système de freinage	
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4 MW	1997	Non	Bris de pale	Tempête	Inconnue	Site Vent de Colère
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3 MW	2004	Non	Chute d'une pale de 20m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Dysfonctionnement interne	Site FED, articles de presse (Ouest France), journal FR3
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66 MW	2001	Non	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Malveillance	Communiqués de presse exploitant, articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08 MW	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Tempête	Article de presse (La Voix du Nord)
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5 MW	2005	Non	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Maintenance	Site Vent de Colère
Projection d'éléments	03/2007	Clitourps	Manche	0,66 MW	2005	Non	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à plus de 80 m de distance dans un champ	Cause inconnue	Inconnue	Site FED
Chute d'éléments	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3 MW	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Défaut de conception	Article de presse (Le Télégramme)
Projection et chute d'éléments	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2 MW	2007	Non	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Foudre	Communiqué de presse exploitant, article de presse (L'Est Républicain 22/07/2008)
Chute d'éléments									Défaut d'un composant	
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2 MW	2006	Non	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Défaillance électrique	Dépêche AFP 28/08/2008
Chute d'éléments	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2 MW	2007	Non	Chute de pale		Inconnue	Communiqué de presse exploitant, article de presse (L'Est Républicain)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2 MW	2006	Non	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle	Défaillance électrique	Article de presse (Ouest-France), communiqué de presse exploitant, site FED
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2 MW	2005	Non	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance	Maintenance	Base de données ARIA, site FED, article de presse (Le Dauphiné)

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Cause (simplifiée)	Source(s) de l'information
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2 MW	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Survitesse	Interne exploitant
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75 MW	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Maintenance Dysfonctionnement du système de freinage	Articles de presse, communiqué de presse SER-FEE
Projection de pale ou fragments de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5 MW	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Foudre	Interne exploitant
Projection de pale ou fragments de pale	04/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	450 kW	2001	Non	6 éoliennes d'un parc se mettent en arrêt de sécurité. Sur l'une d'elles, une pale se disloque, percute le mât puis une seconde pale. Des débris sont projetés à 160° jusqu'à 380 m sur 4,3 ha.	Selon l'exploitant, les violentes rafales instantanées (150 km/h) enregistrées le 3/01 ont pu endommager la pale en générant des efforts excédant les valeurs admissibles. Les fortes contraintes mécaniques lors de l'arrêt brutal de la rotation auraient alors déclenché sa dislocation. L'intrados de la pale se serait séparé de l'extrados avant de percuter le mât puis l'autre pale.	Tempête	Base de données du BARPI
Projection de fragments de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	0,2 MW	1991	Non	Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m.		Inconnue	Base de données du BARPI
Chute d'éléments	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loire	2 MW	2008	Non	Détachement d'une pale de 46 mètres		Inconnue	Article de presse (AFP 22/05/2012)
Effondrement	30/05/2012	Port la Nouvelle	Aude	0,2 MW	1991	Non	Un promeneur signale à 7h30 la chute d'une éolienne. Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut.		Inconnue	Base de données du BARPI
Projection de pale ou fragments de pale	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5 MW	2011	Oui	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc		Inconnue	Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Cause (simplifiée)	Source(s) de l'information
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3 MW	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Malveillance	Interne exploitant
Incendie	05/11/2012	Sigean	Aude	660 kW	2000	Non	Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein du parc éolien. Des projections incandescentes enflamment 80 m ² de garrigue environnante. Les pompiers éteignent l'incendie vers 21h30. L'exploitant met en place un balisage de sécurité à l'aube le lendemain. A la suite de la chute d'une pale à 15h20, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place.	Un dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation de courants de court-circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante.	Défaillance électrique	Base de données du BARPI
Chute de pale										
Chute de pale	06/03/2013	Roquetaillade	Aude	660 kW	2001	Non	A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât.	La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut.	Dysfonctionnement du système de freinage	Base de données du BARPI
Incendie	17/03/2013	Euvy	Marne	2,5 MW	2011	Oui	Des usagers de la N4 signalent un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber.	Défaillance électrique	Défaillance électrique	Base de données du BARPI
Chute d'éléments										
Fuite d'huile	03/08/2013	Moreac	Morbihan	2 MW	2010	Non	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m ² . 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.		Inconnue	Base de données du BARPI
Incendie	09/01/2014	Antheyy	Ardennes	2,5 MW	2013	Oui	Un feu se déclare vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW. Le parc éolien est isolé électriquement. Un périmètre de sécurité de 300 m est instauré. Le feu s'éteint de lui-même vers 20 h. La nacelle est détruite, le rotor est intact.	La presse évoque un incident électrique pour expliquer le départ de feu. L'éolienne sinistrée est démantelée le 17/06 par basculement à l'explosif. Cette opération nécessite la mise en place d'un périmètre de sécurité d'un kilomètre.	Défaillance électrique	Base de données du BARPI
Chute d'éléments	20/01/2014	Sigean	Aude	660 kW	2000	Non	Une des éoliennes d'un parc s'arrête automatiquement à 3h09 à la suite d'un défaut « vibration ». Sur place à 9h30, les techniciens de maintenance (assurée par le fabricant des éoliennes) retrouvent une pale de 20 m au pied du mât. Les 2 autres pales sont toujours en place.		Inconnue	Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Cause (simplifiée)	Source(s) de l'information
Chute de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	2,05 MW	2012	Oui	La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m. Les secours établissent un périmètre de sécurité et ferment la voie d'accès. L'exploitant sécurise la pale endommagée et bloque la rotation de la nacelle. L'installation est expertisée et les 8 autres éoliennes du parc sont inspectées.	Rafales de vent.	Tempête	Base de données du BARPI
Projection de pale ou fragments de pale										
Projection de pale ou fragments de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	1,3 MW	2002	Non	À leur arrivée sur le parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité, la pale endommagée vers le bas. L'exploitant effectue une inspection visuelle des pales des 8 autres éoliennes du parc.	En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollement sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise.	Dysfonctionnement interne	Base de données du BARPI
Incendie	29/01/2015	Rémigny	Aisne	2,3 MW	2015	Oui	À 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. À cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés. L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test. L'exploitant prévoit de tester la qualité de l'isolation de tous les câbles de puissance avant la mise en service. Il prévoit également de réaliser des mesures thermiques sur tous les câbles de puissance à 80 % de leur charge nominale.	Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie.	Défaillance électrique	Base de données du BARPI
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	2,0 MW	2011	Oui	Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.	Non précisée	Inconnue	Base de données du BARPI
Chute d'éléments	05/04/2015	Roquetaillade-et-Conilhac	Aude	6 de 700 kW et 22 de 850 kW	2001 et 2008	Oui	A 1h24, une alarme due à un défaut vibratoire est remontée. L'éolienne s'arrête automatiquement. Lors du déplacement des techniciens sur site vers 12h15, ils constatent la présence d'une pale au sol en pied de tour, les 2 autres pales étant toujours solidaires du moyeu.	Défaut de serrage des vis	Défaut d'un composant	Base de données du BARPI
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loire	2,3 MW	2007	Non	Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur. La nacelle étant trop haute pour la grande échelle des pompiers, ces derniers décident de laisser brûler le foyer sous surveillance. Les chemins menant à l'éolienne sont interdits à la circulation.	Non précisée	Inconnue	Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Cause (simplifiée)	Source(s) de l'information
Chute d'éléments	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	1,5 MW	2007	Non	Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé. De l'huile s'en écoule mais reste confinée dans la rétention. Le centre de supervision à distance du parc constate la perte de communication avec l'éolienne. Il la découple du réseau. Le lendemain, les agents de maintenance constatent sur place la rupture du rotor. Ils sécurisent la zone. Les 6 autres éoliennes du parc sont mises à l'arrêt. Les débris, disséminés sur 4000 m ² , sont ramassés.	Selon l'exploitant, les premières constatations indiqueraient une défaillance de l'arbre lent, qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice. Elle trouverait son origine dans un défaut de fabrication de la pièce. Une non-conformité dans le processus de moulage de cette pièce de fonderie en acier est suspectée. Un défaut métallurgique, de type inclusion de laitier, aurait fragilisé la pièce et conduit à sa rupture par fatigue. Les contrôles réalisés sur les autres éoliennes du parc ont mis en évidence que ce type de défaut était présent sur un des autres arbres lents, au même niveau que celui accidenté.	Défaut d'un composant	Base de données du BARPI
Chute d'éléments	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	2,3 MW	2014	Oui	L'aérovein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol. L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien à distance. Les secours sécurisent les lieux.	Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérovein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérovein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérovein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu. Une campagne de contrôle des pales, aéroveins et de la chaîne de sécurité de chaque éolienne est réalisée.	Dysfonctionnement interne	Base de données du BARPI
Projection de pale ou fragments de pale	08/02/2016	Dinéault	Finistère	300 kW	1999	Non	Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat. Dans les 2 cas, les manchons des pales sont restés arrimés au moyeu. L'exploitant met en sécurité les 4 éoliennes du parc. Les secours établissent un périmètre de sécurité de 350 m.		Inconnue	Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Cause (simplifiée)	Source(s) de l'information
Chute d'éléments	07/03/2016	Calanhel	Côtes-d'Armor	850 kW	2009	Non	Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Un intervenant se rend sur place et constate les dégâts. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute.	L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale. L'éolienne avait fait l'objet d'une maintenance complète en septembre 2015. Son roulement ne présentait pas d'usure anormale.	Dysfonctionnement interne	Base de données du BARPI
Fuite d'huile	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loir	2,3 MW	2005	Non	À 15h15, un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Il arrête celle-ci et contacte l'équipe de maintenance. Arrivés à 17 h, les agents mettent en place des absorbants. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol.	La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite.	Dysfonctionnement interne	Base de données du BARPI
Incendie	10/08/2016	Hescamps	Somme	1,2 MW	2008	Non	Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers	Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.	Défaillance électrique	Base de données du BARPI
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	2,0 MW	2014	Oui	Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut.	Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.	Défaillance électrique	Base de données du BARPI
Chute d'éléments	12/01/2017	Tuchan	Aude	600 kW	2002	Non	Vers 4 h, au cours d'un épisode de vents violents, les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. L'exploitant collecte les morceaux de fibre de carbone et met en place des barrières et un gardiennage pour en sécuriser l'accès.	L'éolienne était à l'arrêt pour maintenance suite à la casse totale de son arbre lent quelques jours auparavant. Cette rupture a eu pour conséquence le désaccouplement du rotor avec le multiplicateur, donc de rendre inopérant le frein mécanique. Bien que mise en position de sécurité, les vents à 25 m/s ont provoqué la rupture des pales à cause d'une vitesse de rotation excessive.	Survitesse	Base de données du BARPI
Projection de pale ou fragments de pale										
Chute d'éléments	18/01/2017	Nurlu	Somme	2,0 MW	2010	Non	Un particulier constate qu'une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. Il informe l'exploitant qui arrête toutes les machines du parc en activité. Des agents arrivent sur site à 11h30. Ils demandent la mise en sécurité de l'éolienne et mettent en place un périmètre de	Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute.	Tempête	Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Cause (simplifiée)	Source(s) de l'information
Projection de pale ou fragments de pale							sécurité autour de la zone. L'inspection des installations classées se rend sur place le lendemain. Elle constate que les 2/3 de la pale sont brisés mais que son armature est toujours en place. L'essentiel des débris se situe à moins de 90 m du mât. Les débris les plus lourds sont à moins de 27 m.			
Projection de pale ou fragments de pale	27/02/17	Lavallée	Meuse	2,0 MW	2011	Oui	Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne. L'ensemble du parc éolien, qui compte 4 éoliennes de 2 MW et 80 m de haut, est mis à l'arrêt. Les débris sont ramassés et traités par une société spécialisée, pour expertise.	Un orage violent s'est abattu sur la zone de 18 h à 18h30. À 18h07, l'alarme "vent fort" de l'éolienne voisine s'est déclenchée. L'alarme "capteur de vibration" de l'éolienne endommagée s'est déclenchée à la même heure. À 18h10, le réseau électrique a été coupé, provoquant la perte de liaison avec le parc éolien. L'exploitant a découvert la casse le lendemain en se rendant sur place pour remettre le parc en service.	Tempête	Base de données ARIA
Projection de pale ou fragments de pale	27/02/17	Trayes	Deux-Sevres	2,0 MW	2011	Oui	Vers 22 h, le système d'exploitation du parc éolien émet des alarmes portant sur une éolienne : mise à l'arrêt de l'éolienne et incohérence entre les vitesses de rotation du rotor et de l'arbre de la génératrice électrique. Le lendemain matin, l'exploitant constate sur place que les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m. L'exploitant place les 5 éoliennes en position de sécurité et initie des expertises. Il collecte les débris et sécurise le site.	L'exploitant envisage les facteurs suivants, seuls ou combinés, comme cause du bris de pale : - défaut au niveau du bord d'attaque de la pale ; - impact de la foudre ; - fortes rafales de vent.	Défaut d'un composant	Base de données ARIA
									Foudre	
									Tempête	
Incendie	06/06/2017	Allonnes	Eure-et-Loir	3,0 MW	2014	Oui	La nacelle d'une éolienne a pris feu propageant l'incendie au rotor. 30 pompiers sont intervenus pour mettre en place un périmètre de sécurité et une déviation sur la D336. Les autres éoliennes du parc ont été mises à l'arrêt. L'incendie s'éteint seul. Des coulures d'hydrocarbures sont constatées sur le mât.	En première hypothèse, l'exploitant indique un défaut des condensateurs du boîtier électrique, situé dans la nacelle. Il exclut la piste d'un impact de foudre.	Défaillance électrique	Base de données ARIA
Chute d'éléments										
fuite d'huile										
Chute d'éléments	08/06/2017	Aussac-Vadalle	Charente	2 MW	2010	Non	Durant la nuit lors d'un orage, une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol. Le lendemain matin, l'exploitant arrête les 4 éoliennes de son parc. Il collecte les débris tombés dans une zone de 50 à 100 m du mât et met en place un balisage.	Impact de foudre. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre toutefois pas de défaut.	Foudre	Base de données ARIA
Projection de pale ou fragments de pale										

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Cause (simplifiée)	Source(s) de l'information
Chute d'éléments	24/06/2017	Conchy-sur-Canche	Pas-de-Calais	1,6 MW	2007	Oui	Vers 23h30, une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien. La pale chute à la verticale, au pied du mat. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m. L'exploitant arrête l'installation ainsi que les 4 autres aérogénérateurs du site, du même modèle. Il met en place un périmètre de sécurité et condamne l'accès au site.	Non précisée	Inconnue	Base de données ARIA
Chute d'éléments	17/07/2017	Fécamp	Seine-Maritime	900 kW	2006	Non	Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne. Le lendemain matin, un agent de maintenance découvre l'équipement au pied du mât de 49 m	Un desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine	Défaut d'un composant Dysfonctionnement interne	Base de données ARIA
Fuite d'huile	24/07/2017	Mauron	Morbihan	2 MW	2008	Non	Une fuite d'huile est détectée vers 17 h sur une éolienne. Le rejet, estimé à 5 l, s'est écoulé le long du mât et quelques gouttes sont tombées au sol.	La rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur en est à l'origine.	Dysfonctionnement interne	Base de données ARIA
Chute d'éléments	04/08/2017	Priez	Aisne	2 MW	2017	Oui	Vers 3 h une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés par l'exploitant au pied du mât le matin.	Cause probable de l'accident non évoquée	Inconnue	Base de données ARIA
Chute d'éléments	08/11/2017	Roman	Eure	2 MW	2010	Non	Le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne est tombé au sol. Cette pièce mesure 2 m de diamètre, pèse plusieurs dizaines de kg et supporte une armoire électrique. Les agents de maintenance, avertis par une alarme "arrêt automatique turbine" à 17h30, se rendent sur place le lendemain matin. Ils sécurisent l'accès à la zone et préviennent l'exploitant agricole de la parcelle. L'ensemble du parc éolien est mis à l'arrêt.	L'exploitant conclut que la chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages (rondelles métalliques pour le vissage des boulons absentes). La procédure n'aurait pas été respectée lors du montage des turbine.	Défaut d'un composant	Base de données ARIA
Effondrement	01/01/2018	Bouin	Vendée	2,5 MW	2003	Non	Le mât d'une éolienne de 60 m de haut se brise en 2. Les 55 m supérieurs chutent au sol. Des débris s'éparpillent sur une surface assez importante. Aucune personne n'a été blessée.	Erreur d'interprétation des données par un opérateur au cours d'une tempête qui a placé l'éolienne dans une position entraînant une augmentation rapide de la vitesse du rotor, dépassant la limite de sécurité. Malgré l'activation des dispositifs de protection contre la survitesse la machine ne s'arrête pas à cause d'une usure anormale des blocs de frein du système d'orientation des pales. Les charges mécaniques exercées sur le mât entraînent alors son effondrement.	Erreur d'un opérateur	Base de données ARIA
Chute d'éléments	04/01/2018	Nixeville-Blercourt	Meuse	2 MW	2008	Non	Lors d'un épisode venteux, l'extrémité d'une pale se rompt et un morceau de 20 m chute au sol. Les	Origine de l'accident non précisée.	Inconnue	Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Cause (simplifiée)	Source(s) de l'information
Projection d'éléments de pale							morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. La zone est sécurisée et un gardiennage est mis en place 24 h/24.			
Chute d'éléments	06/02/2018	Conilhac-Corbières	Aude	2,3 MW	2014	Oui	L'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol. L'équipe technique présente sur site arrête l'aérogénérateur. La zone est sécurisée, les débris ramassés.	À la suite d'un défaut sur l'électronique de puissance, l'éolienne est passée en arrêt automatique par sollicitation du freinage aérodynamique. Lors de l'ouverture de l'aérofrein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute.	Dysfonctionnement interne	Base de données du BARPI
Incendie	01/06/2018	Marsanne	Drôme	2 MW	2008	Non	Un incendie détruit totalement une éolienne et provoque le départ de feu d'une autre éolienne qui sera partiellement endommagée.	L'incendie d'origine criminelle a été revendiqué. Un mélange huile/essence a été déversé sur les installations électriques avant d'y mettre le feu.	Malveillance	Base de données du BARPI ; Article de presse (France bleue, 19/06/2018)
Incendie	05/06/2018	Aumelas	Hérault	2 MW	2014	Oui	La nacelle d'une éolienne de 70 m de haut prend feu. 10 minutes plus tard, l'exploitant découple à distance le parc éolien du réseau électrique. Des éléments de l'éolienne en feu chutent au sol. Les flammes se propagent en partie basse de l'aérogénérateur. Les pompiers laissent l'incendie se terminer sous surveillance mais placent des lances en prévention d'une propagation du sinistre à la végétation. La nacelle de l'aérogénérateur est presque totalement détruite. 50 m ² de végétation ont brûlé. L'accès à la zone est interdit et surveillé. Les débris sont ramassés.	Dysfonctionnement électrique probable.	Défaillance électrique	Base de données du BARPI
Chute d'éléments										
Projection de pale ou fragments de pale	04/07/2018	Corbières Maritimes	Aude	0,66 MW	2000	Non	Deux pales d'un même rotor ont été endommagées à leur extrémité entraînant une projection de fragments.	Survitesse probable.	Survitesse	Interne exploitant
Incendie	02/08/2018	Monts de l'Ain	Ain	2,05 MW	2017	Oui	Une éolienne est endommagée par l'incendie de sa nacelle. Deux pales sont tombées au sol du fait de l'incendie. Le feu ne s'est pas propagé du fait de l'intervention des secours.	L'origine de l'incendie semble criminelle puisque deux éoliennes ont été vandalisées (porte fracturée) dont une a pris feu.	Malveillance	Article de presse (France 3 Auvergne Rhône Alpes, 03/08/2018)
Chute d'éléments										
Incendie	28/09/2018	Trois Évêques	Tarn	2 MW	2009	Non	La nacelle et le rotor d'une éolienne ont pris feu. 2,5 hectares de boisements (essentiellement une plantation de résineux) et de broussailles détruits par les flammes. Les pompiers ont rencontré des difficultés d'accès à la zone sinistrée.	Dysfonctionnement électrique probable.	Défaillance électrique	Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Cause (simplifiée)	Source(s) de l'information
Fuite d'huile	17/10/2018	Flers-sur-Noye	Somme	2 MW	2017	Oui	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 ² . 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.	Maintenance	Base de données du BARPI
Effondrement	06/11/2018	La Mardelle (Guigneville)	Loiret	3 MW	2010	Non	Vers 6 h, une éolienne, de 140 m de haut en bout de pale, s'effondre. L'inspection des installations classées constate sur site que le mat s'est arraché de sa base en béton. Les filetages des boulons de fixation du mât sont arasés et les écrous sont arrachés. Des fissures circulaires sont présentes au niveau de la base en béton.	Le rapport d'analyse par l'exploitant est tierce expertisé. Il est conclu qu'une survitesse de rotation des pales de l'éolienne a conduit à une surcharge de contraintes sur la structure, provoquant son effondrement. Une défaillance du système d'alimentation de secours des pales a empêché le déclenchement de l'arrêt d'urgence	Survitesse	Base de données ARIA
Chute d'éléments	18/11/2018	Conilhac-Corbières	Aude	2,3 MW	2014	Oui	Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol. L'installation est mise en sécurité. Les débris, contenus dans un rayon de 150 m au pied du mât, sont ramassés et stockés avant traitement et recyclage en filaire agréée. L'éolienne s'est arrêtée à la suite de l'ouverture de la chaîne de sécurité.	Défaut probable de conception (un accident similaire est survenu sur ce parc au début 2018)	Défaut d'un composant	Base de données du BARPI
Projection de pale ou fragments de pale										
Chute d'élément	19/11/2018	Ollezy	Aisne	2,4 MW	2017	Oui	Un agent de surveillance constate la rupture d'une pale d'une éolienne. Des 40 m de l'équipement, les 30 derniers sont tombés au sol. L'exploitant arrête les 9 aérogénérateurs du site. La zone est sécurisée et un balisage du pied de la turbine et de la pale au sol est mis en place.	Origine de l'incident non précisée.	Inconnue	Base de données du BARPI
Incendie	03/01/2019	La Limouzinière	Loire-Atlantique	2 MW	2011	Oui	La nacelle d'une éolienne, située à 80 m de hauteur, s'est embrasée dans la nuit du 2 au 3 janvier. Les secours, avertis par des riverains, ont établi un périmètre de sécurité de 150 m autour de la machine, des débris tombant au sol. Aucun blessé n'est à déplorer. Des traces d'huile hydraulique sont présentes jusqu'à 100 m du pied du mât.	Selon les premiers éléments de l'enquête, une avarie sur la génératrice de l'éolienne semble à l'origine de l'incendie.	Dysfonctionnement interne	Base de données du BARPI
Chute d'élément										
Fuite d'huile										
Chute d'élément	17/01/2019	Bambiderstroff	Moselle	2 MW	2007	Non	Une pale d'éolienne se rompt. Deux morceaux, l'un de 5 m (coque) et l'autre de 28 m (fibre de verre), chutent au sol. Celui de 28 m est projeté à 100 m de l'éolienne.	Selon les premiers éléments d'analyse, un défaut d'adhérence dû à un manque de matière entre la coque en fibre de verre et le cœur de la pale serait à l'origine de cette rupture.	Dysfonctionnement interne	Base de données du BARPI
Projection de pale ou fragments de pale										

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Cause (simplifiée)	Source(s) de l'information
Incendie	20/01/2019	Roussas	Drôme	1,75 MW	2006	Non	Dans la nuit, un feu se déclare sur 2 éoliennes d'un parc composé de 12 aérogénérateurs. Les éoliennes sont lourdement endommagées.	D'après la presse, il s'agit d'un acte criminel. Un accident similaire était survenu en juin 2018, dans un parc éolien proche appartenant au même exploitant.	Malveillance	Base de données ARIA
Effondrement	23/01/2019	Boutavent	Oise	2 MW	2011	Oui	Vers 13h, le rotor d'une éolienne est entré en survitesse pendant plus de 40 minutes jusqu'à ce qu'une des pales commence à se délaminer, provoquant un balourd suffisant pour fatiguer le mât qui s'est plié en deux. Des débris ont été retrouvés jusqu'à 300 m.	Selon l'exploitant, l'absence de passage en position de sécurité des pales est due à une chute de tension au niveau des batteries pilotant la rotation des pales en cas de coupure de l'alimentation électrique.	Défaillance électrique	Base de données du BARPI
Projection de pale ou fragments de pale										
Chute d'élément	30/01/2019	Roquetaillade	Aude	660 kW	2001	Non	Une pale de l'éolienne n°5 est tombée au sol. Aucun blessé n'est à déplorer.	Certaines des vis retrouvées au sol présentent des ruptures franches, des éléments distinctifs de fatigue et des traces de corrosion. Cette corrosion pourrait avoir été engendrée par une précharge insuffisante lors du serrage.	Défaut d'un composant	Base de données du BARPI
Fuite d'huile	23/03/2019	Argentonnay	Deux-Sèvres	-	-	-	Une fuite d'huile se produit depuis le multiplicateur d'une éolienne. Celle-ci se met automatiquement à l'arrêt à la suite d'une défaillance au niveau d'un composant tournant du multiplicateur. Sur les 450 L d'huile présents dans le mécanisme, seuls 1 à 2 L ont débordé sur la végétation jouxtant la plateforme. L'opérateur est intervenu assez rapidement pour limiter tout risque de pollution.	La rupture d'un composant tournant du multiplicateur est à l'origine de l'incident.	Défaut d'un composant	Base de données ARIA
Incendie	18/06/2019	Quesnoy-sur-Airaines	Somme	2,3 MW	2011	Oui	Un feu se déclare sur une éolienne située dans un parc éolien qui en compte 5. Les équipes de maintenance du site maîtrisent l'incendie. Les pompiers alertés réalisent des contrôles thermiques pour confirmer l'extinction.	D'après la presse, un court-circuit sur un condensateur est à l'origine du sinistre.	Défaut électrique	Base de données du BARPI
Incendie	25/06/2019	Ambon	Morbihan	1,7 MW	2008	Non	La nacelle d'une éolienne a pris feu. Les pompiers ont sécurisé la zone (périmètre de sécurité de 500 m) laissant le feu s'éteindre de lui-même et gérant le risque de propagation. Des composants ont chuté au sol.	Court-circuit faisant suite à une intervention de maintenance sur le tableau électrique de l'aérogénérateur.	Défaillance électrique	Base de données du BARPI et articles de presse (Ouest France, Le Télégramme)
Chute d'élément										
Projection de pale ou fragments de pale	27/06/2019	Charly-sur-Marne	Aisne	2 MW	2009	Non	Lors d'une maintenance, deux techniciens remarquent qu'une pale d'éolienne présente un angle anormal. Lors de la mise à l'arrêt de la machine, le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m de l'éolienne, l'autre à 100 m. Chaque morceau correspond à une face de la pale.	Origine de l'incident non précisée. En octobre 2018, une inspection visuelle n'avait révélé aucun défaut.	Inconnue	Base de données du BARPI
Chute d'élément	04/09/2019	Escales	Aude	750 kW	2003	Non	L'arrêt d'urgence d'une éolienne se déclenche sans cause identifiée. L'arrêt de l'éolienne est anormalement brutal si bien que deux aérofreins se détachent d'une des pales de l'éolienne, l'un étant retrouvé à 5 m du pied de l'éolienne, l'autre à 65 m.	Cause probable de l'accident non évoquée	Inconnue	Base de données ARIA
Projection de pale ou fragments de pale										

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Cause (simplifiée)	Source(s) de l'information
Chute d'éléments	28/11/2019	Hangest-en-Santerre	Somme	-	-	-	Dans un parc éolien, le nez qui se trouve au centre du rotor d'une éolienne se décroche et tombe au sol. L'éolienne concernée ainsi que l'ensemble du parc sont mis à l'arrêt	-	Inconnue	Base de données ARIA et informations du développeur
Chute d'élément	09/12/2019	Montjean - Theil-Rabier - La Forêt de Tesse	Charente	2 MW	2016	Oui	Vers 18 h, un riverain constate la chute d'un bout de pale de 7 m d'une des 12 éoliennes du parc. L'éolienne concernée s'arrête. L'exploitant met en sécurité les 11 autres éoliennes. Un périmètre de sécurité de 150 m et une surveillance sont mis en place pour interdire l'accès au public. Des débris solides (fibres de verre, fibres de carbone, PVC) sont projetés sur 2 parcelles agricoles aux alentours. Un morceau de 30 m initialement resté accroché à la racine de la pale tombe 48 h plus tard suite aux forts vents.	Cause probable de l'accident non évoquée. À l'issue des premières analyses aucun emballement du rotor n'a été constaté.	Inconnue	Article de presse (Charente Libre, 14/12/2019) et base de données Aria
Projection de pale ou fragments de pale										
Incendie	16/12/2019	Poinville	Eure-et-Loir	2,3 MW	2006	Non	Un feu sans flamme s'est déclaré à 12h30 au niveau de la nacelle d'une éolienne mais s'éteint de lui-même vers 16h. Les pompiers après avoir inspecté la machine quittent les lieux à 17h. Après vérification, seules les gaines protectrices des câbles de puissance ont brûlé sur 10 m de long.	Cause probable de l'accident non évoquée	Inconnue	Base de données ARIA
Incendie	17/12/2019	Ambonville	Haute-Marne	2 MW	2010	Oui	A 14h20, un feu se déclare en partie basse d'une éolienne. Les pompiers interviennent à l'aide d'un extincteur à poudre.	L'origine du départ de feu serait liée à une défaillance électrique.	Défaillance électrique	Base de données ARIA
Chute d'élément	22/01/2020	Saint-Seine-l'Abbaye	Côte d'Or	2 MW	2009	Non	Au cours d'une patrouille de routine à 11 h, un gendarme trouve un joint de pale au pied d'une éolienne. Il contacte l'exploitant par le numéro d'urgence. L'entreprise de maintenance se rend sur place pour récupérer l'équipement. L'incident est sans conséquence,	L'événement est causé par une défaillance du collier de serrage sous dimensionné par rapport aux contraintes dans le temps.	Défaut d'un composant	Base de données ARIA
Projection de pale ou fragments de pale	09/02/2020	Beaurevoir	Aisne	-	-	-	Une pale d'une éolienne se brise lors du passage de la tempête Ciara. L'éolienne était à l'arrêt pour maintenance mais en raison des vents violents, des débris ont été retrouvés à plusieurs centaines de mètres de la machine.	Vents violents causés par le passage de la tempête Ciara.	Tempête	Base de données ARIA
Chute d'élément	26/02/2020	Theil-Rabier	Charente	2 MW	2016	Oui	Une pale d'éolienne se rompt sur un parc comportant 12 éoliennes. L'éolienne s'arrête en sécurité et le reste des machines du parc sont mises à l'arrêt à distance par l'exploitant. Un périmètre de sécurité est mis en place. Le morceau principal reste accroché à la base de la pale. Des fragments de fibre sont retrouvés au sol au pied de la machine.	-	Inconnue	Base de données ARIA

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Cause (simplifiée)	Source(s) de l'information
Incendie	29/02/2020	Boisbergues	Somme	2 MW	2015	Oui	Vers 13h25, un feu se déclare au niveau du moteur d'une éolienne. L'électricité est coupée et l'éolienne est mise à l'arrêt. Un technicien et le groupe d'intervention en milieu périlleux des pompiers sont sur place. Le feu est resté sur le mât sans atteindre les pâles. L'éolienne est hors-service.	L'incendie est probablement dû à une fuite d'huile.	Fuite d'huile	Base de données ARIA
Incendie	24/03/2020	Flavin	Aveyron	2 MW	2010	Oui	A 9h40, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. Un riverain alerte les pompiers qui préviennent l'exploitant. A 9h42, l'exploitant perd la communication avec l'éolienne. La caméra du site confirme l'incendie. Le disjoncteur est ouvert à distance. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. A 12 h, l'incendie est terminé. Des coulures d'huiles sont visibles sur la partie supérieure du mât mais aucune pollution du sol n'est constatée. L'incendie est limité à la nacelle et au rotor.	-	Inconnue	Base de données ARIA
Fuite d'huile										
Fuite d'huile	10/04/2020	Ruffiac	Morbihan	2 MW	2017	Oui	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'huile s'écoulent le long du mât jusqu'au massif de fondation. L'exploitant du parc est alerté. Il mandate une société spécialisée pour réaliser le nettoyage des zones affectées : la dalle béton et les sols à proximité	Défaut au niveau de l'accumulateur de l'éolienne	Défaut d'un composant	Base de données ARIA
Chute d'élément	30/04/2020	Plouarzel	Finistère	660 à 850 kW	2000 et 2007	Oui	Suite à la pliure d'une pale, une partie de l'élément mesurant 1,5 m chute au sol. Les éoliennes du parc sont arrêtées et mises en sécurité. La pale endommagée présente une détérioration à mi-longueur. Des traces de choc sur le mât sont visibles, la pale a probablement heurté plusieurs fois le mât avant de se briser. Des débris de fibres de verre et de colle sont présents dans un rayon de 60 m autour de l'éolienne. L'exploitant collecte ces déchets	L'hypothèse de coups de vent à répétition dont la vitesse serait supérieure à celle à l'origine du dimensionnement de l'éolienne est privilégiée (fatigue prématurée des pales).	Tempête	Base de données ARIA
Projection de pale ou fragments de pale										
Chute d'élément	27/06/2020	Plémet	Côtes d'Armor	2 MW	2015	Oui	La chute d'une pale a été constatée au niveau d'une éolienne. Les 5 autres éoliennes du parc ont été également stoppées.	Non précisée	Inconnue	Article France 3 Régions 28/06/2020).
Incendie	01/08/2020	Issanlas	Ardèche	2 MW	2017	Oui	Un dégagement de fumée a été constaté par des techniciens en intervention. Des débris en combustion sont tombés au sol et ont provoqué des dégâts sur 20 m ² de végétation au pied de l'éolienne	Échauffement des pièces de protection de la génératrice de l'éolienne	Dysfonctionnement interne	Base de données ARIA

Ce tableau a été complété et mis à jour en fonction des éléments lus dans la presse et publiés par le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles (BARPI). Au sein de la Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère du développement durable, le BARPI est chargé de rassembler et de diffuser les informations et le retour d'expérience en matière d'accidents technologiques. Une équipe d'ingénieurs et de techniciens assure à cette fin le recueil, l'analyse, la mise en forme des données et enseignements tirés, ainsi que leur enregistrement dans la base ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents). La base de données ARIA recense les incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement.

10.3 Zones d'effet retenues

Modèles d'éoliennes retenus dans le cadre des zones d'effet

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Modèle éolienne	Hauteur en bout de pale	Rayon
E160	200 m	200 m
V162	200 m	200 m
V163	199,5 m	199,5 m

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)	
Modèle éolienne	Rayon
E160	500 m
V162	500 m
V163	500 m

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol du rotor)		
Modèle éolienne	Diamètre rotor	Rayon
E160	160 m	80 m
V162	162 m	81 m
V163	163 m	81,5 m

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de risque de projection de glace = $1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne*)			
Modèle éolienne	Hauteur de moyeu	Diamètre du rotor	Rayon
E160	120 m	160	420 m
V162	119 m	162	421,5 m
V163	118 m	163	421,5 m

*H= hauteur de moyeu et R= diamètre du rotor

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol du rotor)		
Modèle éolienne	Diamètre rotor	Rayon
E160	160 m	80 m
V162	162 m	81 m
V163	163 m	81,5 m

10.4 Scénarios génériques issus de l'Analyse Préliminaire des Risques

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté au chapitre 7.4 de la présente étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

La numérotation des scénarios ci-dessous reprend celle utilisée dans le tableau de l'analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarios par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience par le groupe de travail (« 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).

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

10.4.1.1 Scénario G01

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

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

- système de détection de glace ;
- arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor ;
- arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

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

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

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

Les éventuels incendies interviendront dans le cas où plusieurs conditions seraient réunies (Ex : Foudre + défaillance du système parafoudre = Incendie).

Le moyen de prévention des incendies consiste en un contrôle périodique des installations.

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scénarios devant être regardé :

- découper l'installation en plusieurs parties : rotor, nacelle, mât, fondation et poste de livraison ;
- déterminer à l'aide de mot clé les différentes causes (cause 1, cause 2) d'incendie possibles.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Les solutions aux pertes d'utilités étant diverses, les porteurs de projets pourront apporter dans leur étude de danger une description des protocoles qui seront mis en place en cas de pertes d'utilités.

10.4.3 Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation). Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau, tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de danger. Plusieurs mesures pourront être mises en place

(photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

10.4.3.1 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 :

- écoulement 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.

10.4.3.2 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.

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

10.4.4 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.

10.4.5 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...

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

Si l'éolienne est en fonctionnement la zone d'effet sera déterminée en fonction de l'étude balistique et du site.

L'emballlement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballlement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au chapitre 10.5.2 (scénarios incendies).

10.4.5.1 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.

10.4.5.2 Scénario P02

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

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

Facteur aggravant : infiltration d'eau et formation de glace dans une fissure, vents violents, emballlement de l'éolienne.

10.4.5.3 Scénario 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.

10.4.6 Scénarios relatifs aux risques d'effondrement de l'éolienne (E01 à E10)

Les événements pouvant conduire à l'effondrement de l'éolienne sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- erreur de dimensionnement de la fondation : contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;
- non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : formation du personnel intervenant ;
- causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

10.5 Probabilité d'atteinte et risque individuel

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

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

Les seuls ERC pour lesquels la probabilité d'atteinte n'est pas de classe E sont ceux qui concernent les phénomènes de chutes de glace ou d'éléments dont la zone d'effet est limitée à la zone de survol des pales et où des panneaux sont mis en place pour alerter le public de ces risques.

De plus, les zones de survol sont comprises dans l'emprise des baux signés par l'exploitant avec le propriétaire du terrain ou à défaut dans l'emprise des autorisations de survol si la zone de survol s'étend sur plusieurs parcelles. La zone de survol ne peut donc pas faire l'objet de constructions nouvelles pendant l'exploitation de l'éolienne.

10.6 Exemple d'écran des systèmes SCADA Nordex, Vestas et Enercon

Figure 10 : Ecran des systèmes SCADA Nordex pour le parc éolien de Dehlingen

Index	Date	Time	Oper	Name	Message	Group	Status
1	28.11.2022	06:56:48:640	0	FM1014	WTG SwitchRight blocked (CWE)	ALM	OFF
2	28.11.2022	06:56:22:720	0	FM1014	WTG SwitchRight blocked (CWE)	ALM	ON
3	28.11.2022	06:53:49:800	0	FM0	WTG System ok	ALM	ON
4	28.11.2022	06:53:49:760	0	FM953	WTG CustomerError 3	ALM	OFF
5	28.11.2022	06:52:48:000	0	FE953	WTG CustomerError 3	ALM	ON
6	28.11.2022	06:52:48:000	0	FM0	WTG System ok	ALM	OFF
7	27.11.2022	21:11:41:160	0	FM614	TimeSynchronisation failed	ALM	OFF
8	27.11.2022	21:08:21:960	0	FM614	TimeSynchronisation failed	ALM	ON
9	27.11.2022	14:47:06:200	0	FM0	WTG System ok	ALM	ON
10	27.11.2022	14:47:06:160	0	FM953	WTG CustomerError 3	ALM	OFF
11	27.11.2022	14:46:02:920	0	FE953	WTG CustomerError 3	ALM	ON
12	27.11.2022	14:46:02:920	0	FM0	WTG System ok	ALM	OFF
13	27.11.2022	14:38:09:640	0	FM0	WTG System ok	ALM	ON
14	27.11.2022	14:38:09:600	0	FM953	WTG CustomerError 3	ALM	OFF
15	27.11.2022	14:37:34:480	0	FE953	WTG CustomerError 3	ALM	ON
16	27.11.2022	14:37:34:480	0	FM0	WTG System ok	ALM	OFF
17	27.11.2022	14:35:57:560	0	FM0	WTG System ok	ALM	ON
18	27.11.2022	14:35:57:520	0	FM953	WTG CustomerError 3	ALM	OFF
19	27.11.2022	14:34:54:520	0	FE953	WTG CustomerError 3	ALM	ON
20	27.11.2022	14:34:54:520	0	FM0	WTG System ok	ALM	OFF
21	27.11.2022	12:27:12:240	0	FM0	WTG System ok	ALM	ON
22	27.11.2022	12:27:12:200	0	FM953	WTG CustomerError 3	ALM	OFF
23	27.11.2022	12:26:10:320	0	FE953	WTG CustomerError 3	ALM	ON
24	27.11.2022	12:26:10:320	0	FM0	WTG System ok	ALM	OFF
25	27.11.2022	11:55:17:520	0	FM0	WTG System ok	ALM	ON
26	27.11.2022	11:55:17:480	0	FM953	WTG CustomerError 3	ALM	OFF
27	27.11.2022	11:54:15:440	0	FE953	WTG CustomerError 3	ALM	ON
28	27.11.2022	11:54:15:440	0	FM0	WTG System ok	ALM	OFF
29	27.11.2022	11:48:09:840	0	FM0	WTG System ok	ALM	ON
30	27.11.2022	11:48:09:800	0	FM953	WTG CustomerError 3	ALM	OFF
31	27.11.2022	11:47:13:320	0	FE953	WTG CustomerError 3	ALM	ON
32	27.11.2022	11:47:13:320	0	FM0	WTG System ok	ALM	OFF
33	27.11.2022	11:47:11:360	0	FM0	WTG System ok	ALM	ON
34	27.11.2022	11:47:11:320	0	FM953	WTG CustomerError 3	ALM	OFF
35	27.11.2022	11:46:07:880	0	FE953	WTG CustomerError 3	ALM	ON
36	27.11.2022	11:46:07:880	0	FM0	WTG System ok	ALM	OFF
37	27.11.2022	11:11:35:800	0	FM0	WTG System ok	ALM	ON
38	27.11.2022	11:11:35:760	0	FM953	WTG CustomerError 3	ALM	OFF
39	27.11.2022	11:10:45:600	0	FE953	WTG CustomerError 3	ALM	ON
40	27.11.2022	11:10:45:600	0	FM0	WTG System ok	ALM	OFF
41	27.11.2022	11:05:50:360	0	FM1002	Wind Speed LessThanStartCondition	ALM	OFF
42	27.11.2022	11:03:46:880	0	FM0	WTG System ok	ALM	ON
43	27.11.2022	11:03:46:840	0	FM953	WTG CustomerError 3	ALM	OFF
44	27.11.2022	11:02:43:440	0	FM1002	Wind Speed LessThanStartCondition	ALM	ON
45	27.11.2022	11:02:43:320	0	FE953	WTG CustomerError 3	ALM	ON
46	27.11.2022	11:02:43:320	0	FM0	WTG System ok	ALM	OFF
47	27.11.2022	10:41:47:400	0	FM1002	Wind Speed LessThanStartCondition	ALM	OFF
48	27.11.2022	10:27:20:400	0	FM1002	Wind Speed LessThanStartCondition	ALM	ON
49	27.11.2022	10:25:51:960	0	FM0	WTG System ok	ALM	ON
50	27.11.2022	10:25:51:920	0	FM953	WTG CustomerError 3	ALM	OFF
51	27.11.2022	10:25:15:240	0	FE953	WTG CustomerError 3	ALM	ON
52	27.11.2022	10:25:15:240	0	FM0	WTG System ok	ALM	OFF

Nordex Control 13.08.11 - Dehlingen — Mozilla Firefox
 193.248.178.65/13_08_11_13905/nc2/program_en/index.html

28.11.2022 | 06:53:49 | WTG System ok | FMO

Dehlingen | 7.6 °C | 6.1 m/s | 343.56 kW | 28.11.2022 | 08:27:22 | 01WEA82038

Start | **Overview** | Table | Map | Print

Farm | **Group** | **Monitor** | **Tech.** | **Logs** | **Reports**

Gr.1

01WEA82038	02WEA82039	03WEA82040	04WEA82041
6.1 m/s 343.56 kW 15199 MWh 96.50 % OK	6.2 m/s 390.68 kW 32001 MWh 97.69 % OK	6.0 m/s 409.79 kW 30632 MWh 97.45 % FM173	8.7 m/s 734.39 kW 37465 MWh 97.56 % OK

05WEA82042

6.9 m/s 545.20 kW 32006 MWh 97.06 % FM728

01CWE5255

2.39 MW 0.2 Mvar 2.40 MVA 20.87 kV OK

Overview

6 Total
6 OK
0 Error
6 Conn

Status

- Grid connection
- System OK
- Main switch

Read mode | Farm->Overview activated.

Nordex Control 13.08.11 - Dehlingen — Mozilla Firefox
 193.248.178.65/13_08_11_13905/nc2/program_en/index.html

28.11.2022 06:53:49 WTG System ok FMO

Dehlingen 7.5 °C 5.8 m/s 345.33 kW 28.11.2022 08:28:10 01WEA82038

Start **Overview** Temperature Press./Sys. Yaw Grid

Status

- Grid connection
- System ok
- Main switch
- Power reduction

Gearbox

- 63.7 °C Gear bearing
- 51.1 °C Gear oil
- 54.8 °C Oil sump

Generator

- 57.8 °C L1
- 57.4 °C L2
- 57.0 °C L3
- 872.9 rpm Speed

Main inverter

- Ready for operation

Pitch

- 0.0 ° Average pitch angle
- System ok

Grid

- 671.3 V Voltage
- 301.0 A Current
- 0.984 Power factor

Start **Stop** **Reset** **Enter**

Turbine Control

Start **Stop** **Enter**

Read mode Monitor->Overview activated.

Figure 11 : Ecran des systèmes SCADA Enercon pour le parc éolien de Cambernon

ENERCON SCADA Remote 3 202806-001

Application Vue Utilisateur Site Emplacement site Rapport ?

Navigation

- CS48
 - 1 | 48526 E-48
 - 2 | 48527 E-48
 - 3 | 48528 E-48
 - 4 | 48529 E-48
- Commande
 - Commande du parc
 - 5 | 9090222 GDA
- Acteur
 - Interface
 - 6 | 9143563
- 2981 Lestrade
 - Eolienne
 - CS82
 - 1 | 781639
 - 2 | 781640
 - 3 | 781641
 - 4 | 781642
 - 5 | 781643
 - Commande
 - Commande du parc
 - 6 | 9090143
 - Acteur
 - Interface
 - 7 | 9140433
 - SAI
 - 9 | 9140819
 - 3066 Vaux Les Mouzons
 - Eolienne
 - CS82
 - 1 | 782104
 - 2 | 782105
 - 3 | 782106
 - Commande
 - Commande du parc
 - 4 | 9090167
 - Acteur
 - Interface
 - 5 | 9140448
 - SAI
 - 6 | 9140820
 - 3208 Cambernon
 - Eolienne
 - CS82
 - 1 | 782165
 - 2 | 782166
 - 3 | 782167
 - 4 | 782168
 - Commande
 - Commande du parc
 - 5 | 9090196
 - Acteur
 - Interface
 - 6 | 9140463
 - SAI
 - 7 | 9143413

Actualiser Annuler

Recherche

Etat : :

Information : :

Heure	Etat	Texte d'état	T	Diff. temps	Information	Texte d'informations	Diff. temps	Vent [m/s]	Information complémentaire
28/11/2022									
00:07:08					0 : 0		09:16:59	4,6	
00:07:08					232 : 90	General information : Blade angle curves (p-opt.) stored	00:00:00	4,7	
00:06:20					0 : 0		00:00:48	4,9	
00:06:19					232 : 80	General information : Power curves stored	00:00:01	5,0	
23/11/2022									
18:15:46					0 : 0		101:50:33	10,3	
18:15:46					50 : 19	Monitoring switch : Noise sensor activated	00:00:00	10,3	
17:45:21					0 : 0		00:30:25	14,4	
17:45:20					50 : 13	Monitoring switch : Noise in spinner detected	00:00:01	13,5	
17:45:17					0 : 0		00:00:03	12,1	
17:45:17					50 : 18	Monitoring switch : Noise sensor deactivated	00:00:00	12,3	
17:45:17					50 : 23	Monitoring switch : Noise in nacelle detected	00:00:00	12,3	
21/11/2022									
10:33:53					0 : 0		55:11:24	12,8	
10:33:53					230 : 107	Power limitation (10h) : Farm control (relative)	00:00:00	13,0	
00:06:59					0 : 0		10:26:54	6,3	
00:06:58					232 : 90	General information : Blade angle curves (p-opt.) stored	00:00:01	6,3	
00:06:20					0 : 0		00:00:38	6,4	
00:06:19					232 : 80	General information : Power curves stored	00:00:01	6,3	
18/11/2022									
19:23:28	0 : 0	Turbine in operation	1	230:00:39				3,5	
19:21:05					0 : 0		52:45:14	2,5	
19:21:04					232 : 9	General information	00:00:01	2,5	
19:20:48	0 : 1	Turbine starting	1	00:02:40				2,9	
19:20:46	0 : 2	Turbine operational	1	00:00:02				2,9	
19:13:15	2 : 1	Lack of wind : Wind speed too low	1	00:07:31				0,4	
14:29:08					0 : 0		04:51:56	6,6	
14:29:08					235 : 0	Access control (-) : Towerdoor closed	00:00:00	6,7	
14:29:08					235 : 1	Access control (-) : Towerdoor open	00:00:00	6,7	
14:29:06					0 : 0		00:00:02	6,8	
14:29:06					235 : 0	Access control (-) : Towerdoor closed	00:00:00	6,8	
14:28:40					0 : 0		00:00:26	5,9	
14:28:40	0 : 0	Turbine in operation	1	04:44:35	235 : 1	Access control (-) : Towerdoor open	00:00:00	5,9	
14:11:55	0 : 8	Turbine in operation during maintenance	1	00:16:45	0 : 0		00:16:45	5,1	
14:06:04					0 : 10	Information / Warnings	00:05:51	8,1	
14:06:04					233 : 3	General warning message : Timeout maintenance (-)	00:00:00	8,2	
14:06:03	0 : 0	Turbine in operation	1	00:05:52	235 : 1	Access control (-) : Towerdoor open	00:00:01	8,3	
13:06:03	0 : 8	Turbine in operation during maintenance	1	01:00:00				7,6	
10:03:45	8 : 0	Maintenance	6	03:02:18				8,4	
09:27:30	0 : 8	Turbine in operation during maintenance	1	00:36:15				5,7	
09:27:23					0 : 0		04:38:40	5,9	

Sélection rapide

No. SCADA ou no. de série Connecter

ENERCON SCADA Remote 3 202806-001

Application Vue Utilisateur Site Emplacement site Rapport ?

- Navigation
- CS48
 - 1 | 48526 E-48
 - 2 | 48527 E-48
 - 3 | 48528 E-48
 - 4 | 48529 E-48
- Commande
 - Commande du parc
 - 5 | 9090222 GDA
- Acteur
 - Interface
 - 6 | 9143563
- 2981 Lestrade
 - Eolienne
 - CS82
 - 1 | 781639
 - 2 | 781640
 - 3 | 781641
 - 4 | 781642
 - 5 | 781643
 - Commande
 - Commande du parc
 - 6 | 9090143
 - Acteur
 - Interface
 - 7 | 9140433
 - SAI
 - 9 | 9140819
- 3066 Vaux Les Mouzons
 - Eolienne
 - CS82
 - 1 | 782104
 - 2 | 782105
 - 3 | 782106
 - Commande
 - Commande du parc
 - 4 | 9090167
 - Acteur
 - Interface
 - 5 | 9140448
 - SAI
 - 6 | 9140820
- 3208 Cambernon
 - Eolienne
 - CS82
 - 1 | 782165
 - 2 | 782166
 - 3 | 782167
 - 4 | 782168
 - Commande
 - Commande du parc
 - 5 | 9090196
 - Acteur
 - Interface
 - 6 | 9140463
 - SAI
 - 7 | 9143413

Etat / Informations

Etat: 0:0 Turbine in operation

Information: 0:0

Valeurs de fonctionnement

Vitesse du vent: 8,9 m/s 5 Bft.

V. de rot.: 18,86 1/min

P: 1 055 kW 45,2 %

Puissance réactive: 100 kvar

Total

Prod. Energie: 63 801 445 kWh

Heures de fonctionnement: 106 660:33:00

Mise en service: []

Date: []

Heures totales: []

Nacelle

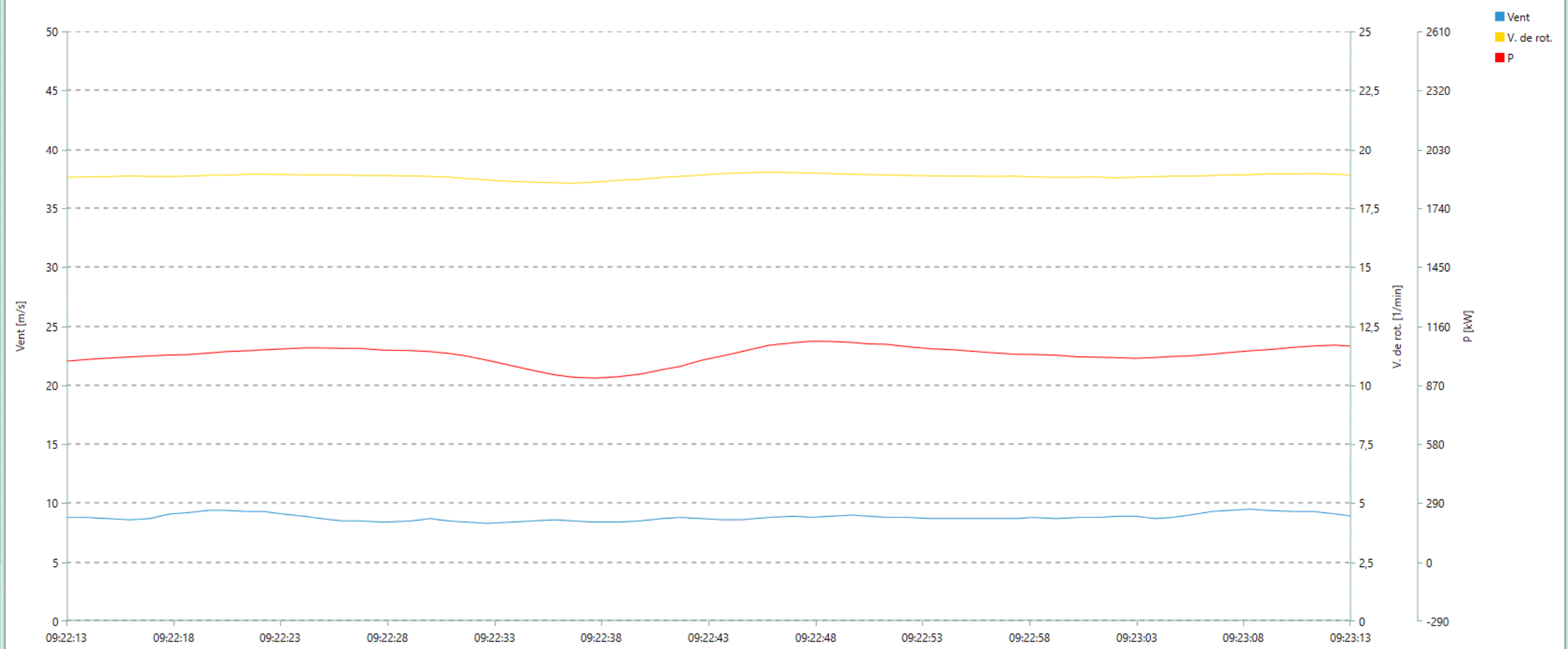
Girouette: 2,7 ° Droite

Pos. de la nacelle: 210 ° SSO

Rotations de la nacelle: -0,42 L

Température: 7 °C

Données du réseau: []



Sélection rapide

No. SCADA ou no. de série [] Connecter

Figure 12 : Ecran des systèmes Enercon pour le parc éolien de Cambernon

ENERCON SCADA Remote 3 202806-001

Application Vue Utilisateur Site Emplacement site Rapport ?

Navigation Online (en ligne) Rapport Disponibilité Etat / Informations Statistique Paramètres Appareils

Actualiser Annuler

Recherche

Etat : [] : []

Information : [] : []

Heure	Etat	Texte d'état	T	Diff. temps	Information	Texte d'informations	Diff. temps	Vent [m/s]	Information complémentaire
▲ 28/11/2022									
00:07:08					0 : 0		09:16:59	4,6	
00:07:08					232 : 90	General information : Blade angle curves (p-opt.) stored	00:00:00	4,7	
00:06:20					0 : 0		00:00:48	4,9	
00:06:19					232 : 80	General information : Power curves stored	00:00:01	5,0	
▲ 23/11/2022									
18:15:46					0 : 0		101:50:33	10,3	
18:15:46					50 : 19	Monitoring switch : Noise sensor activated	00:00:00	10,3	
17:45:21					0 : 0		00:30:25	14,4	
17:45:20					50 : 13	Monitoring switch : Noise in spinner detected	00:00:01	13,5	
17:45:17					0 : 0		00:00:03	12,1	
17:45:17					50 : 18	Monitoring switch : Noise sensor deactivated	00:00:00	12,3	
17:45:17					50 : 23	Monitoring switch : Noise in nacelle detected	00:00:00	12,3	
▲ 21/11/2022									
10:33:53					0 : 0		55:11:24	12,8	
10:33:53					230 : 107	Power limitation (10h) : Farm control (relative)	00:00:00	13,0	
00:06:59					0 : 0		10:26:54	6,3	
00:06:58					232 : 90	General information : Blade angle curves (p-opt.) stored	00:00:01	6,3	
00:06:20					0 : 0		00:00:38	6,4	
00:06:19					232 : 80	General information : Power curves stored	00:00:01	6,3	
▲ 18/11/2022									
19:23:28	0 : 0	Turbine in operation	1	230:00:39				3,5	
19:21:05					0 : 0		52:45:14	2,5	
19:21:04					232 : 9	General information	00:00:01	2,5	
19:20:48	0 : 1	Turbine starting	1	00:02:40				2,9	
19:20:46	0 : 2	Turbine operational	1	00:00:02				2,9	
19:13:15	2 : 1	Lack of wind : Wind speed too low	1	00:07:31				0,4	
14:29:08					0 : 0		04:51:56	6,6	
14:29:08					235 : 0	Access control (-) : Towerdoor closed	00:00:00	6,7	
14:29:08					235 : 1	Access control (-) : Towerdoor open	00:00:00	6,7	
14:29:06					0 : 0		00:00:02	6,8	
14:29:06					235 : 0	Access control (-) : Towerdoor closed	00:00:00	6,8	
14:28:40					0 : 0		00:00:26	5,9	
14:28:40	0 : 0	Turbine in operation	1	04:44:35	235 : 1	Access control (-) : Towerdoor open	00:00:00	5,9	
14:11:55	0 : 8	Turbine in operation during maintenance	1	00:16:45	0 : 0		00:16:45	5,1	
14:06:04					0 : 10	Information / Warnings	00:05:51	8,1	
14:06:04					233 : 3	General warning message : Timeout maintenance (-)	00:00:00	8,2	
14:06:03	0 : 0	Turbine in operation	1	00:05:52	235 : 1	Access control (-) : Towerdoor open	00:00:01	8,3	
13:06:03	0 : 8	Turbine in operation during maintenance	1	01:00:00				7,6	
10:03:45	8 : 0	Maintenance	6	03:02:18				8,4	
09:27:30	0 : 8	Turbine in operation during maintenance	1	00:36:15				5,7	
09:27:23					0 : 0		04:38:40	5,9	

Sélection rapide

No. SCADA ou no. de série Connecter

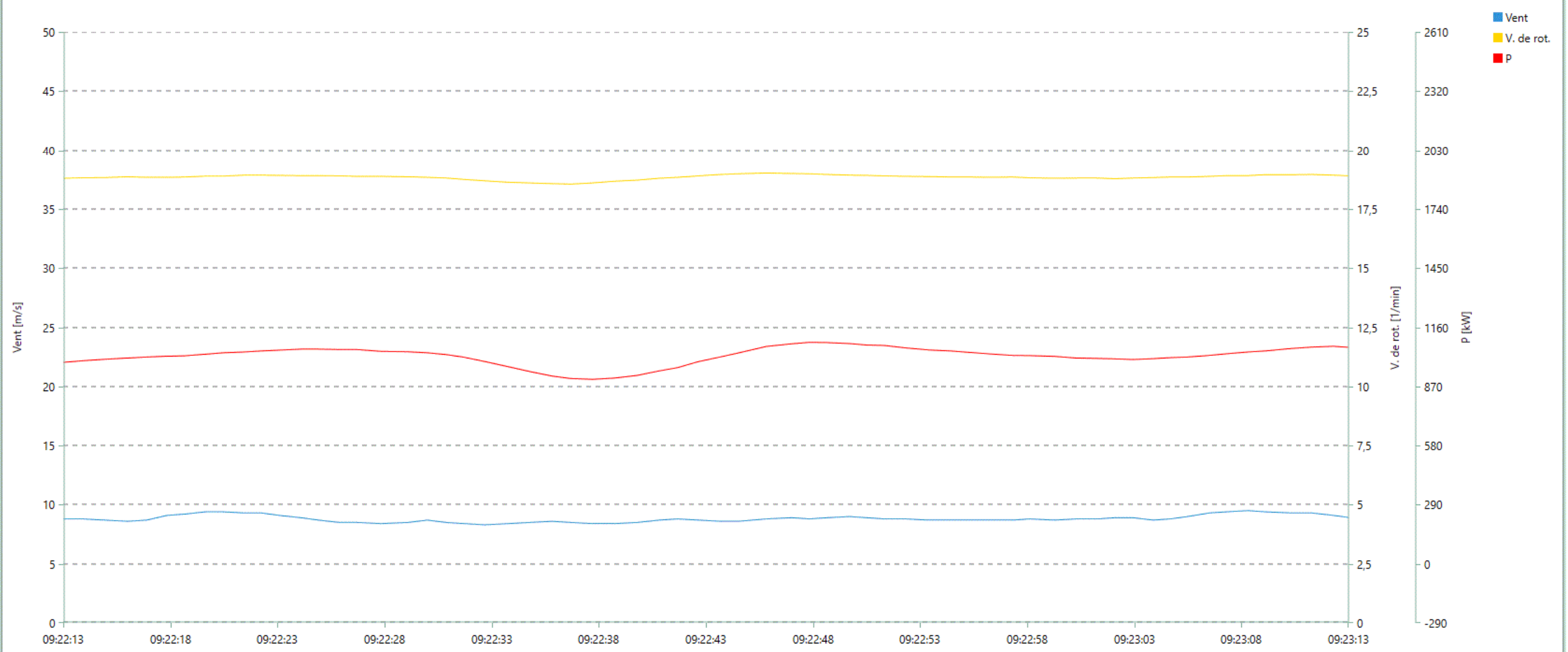
- Navigation
- CS48
 - 1 | 48526 E-48
 - 2 | 48527 E-48
 - 3 | 48528 E-48
 - 4 | 48529 E-48
- Commande
 - Commande du parc
 - 5 | 9090222 GDA
- Acteur
 - Interface
 - 6 | 9143563
- 2981 Lestrade**
 - Eolienne
 - CS82
 - 1 | 781639
 - 2 | 781640
 - 3 | 781641
 - 4 | 781642
 - 5 | 781643
 - Commande
 - Commande du parc
 - 6 | 9090143
 - Acteur
 - Interface
 - 7 | 9140433
 - SAI
 - 9 | 9140819
 - 3066 Vaux Les Mouzons**
 - Eolienne
 - CS82
 - 1 | 782104
 - 2 | 782105
 - 3 | 782106
 - Commande
 - Commande du parc
 - 4 | 9090167
 - Acteur
 - Interface
 - 5 | 9140448
 - SAI
 - 6 | 9140820
 - 3208 Cambernon**
 - Eolienne
 - CS82
 - 1 | 782165
 - 2 | 782166
 - 3 | 782167
 - 4 | 782168
 - Commande
 - Commande du parc
 - 5 | 9090196
 - Acteur
 - Interface
 - 6 | 9140463
 - SAI
 - 7 | 9143413

Etat / Informations

Etat: 0:0 Turbine in operation

Information: 0:0

Valeurs de fonctionnement		Total		Nacelle		Données du réseau	
Vitesse du vent	8,9 m/s	Prod. Energie	63 801 445 kWh	Girouette	2,7 °	Droite	
V. de rot.	18,86 1/min	Heures de fonctionnement	106 660:33:00	Pos. de la nacelle	210 °	SSO	
P	1 055 kW	Mise en service		Rotations de la nacelle	-0,42 L	Température	
Puissance réactive	100 kvar	Date		Température	7 °C		
		Heures totales					

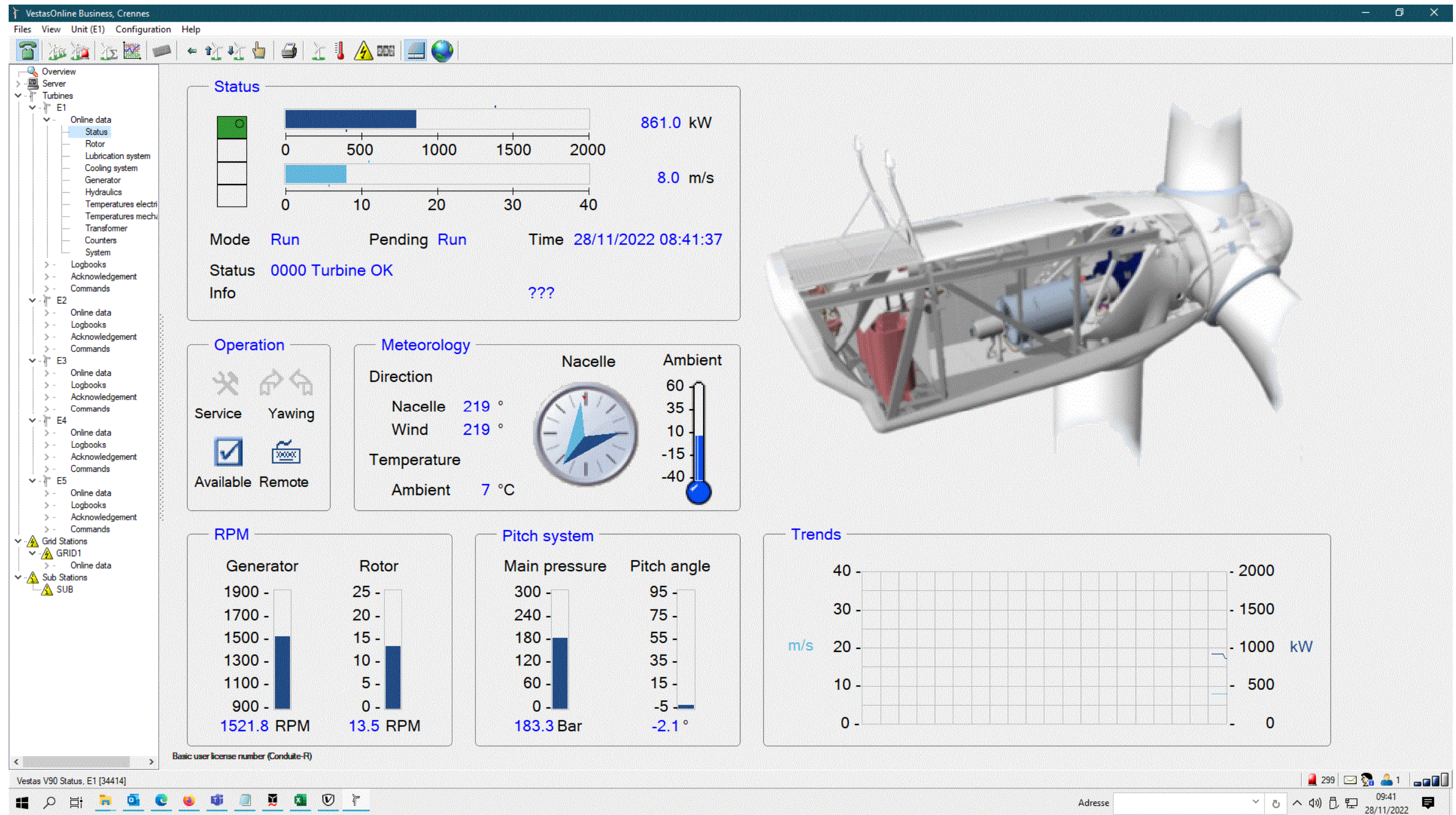


Sélection rapide

No. SCADA ou no. de série

Connecter

Figure 13 : Ecran des systèmes Vestas pour le parc éolien de Crennes



The screenshot displays the VestasOnline Business software interface for the 'Crennes' wind farm. The main window shows an aerial map of the site with several wind turbines and infrastructure marked. A sidebar on the left provides a hierarchical menu for monitoring different components.

Map Data:

Component	ID	Power / Status
Server	99999	99999
GRID1	PJ0809A95701	4.1 MW, -129 kVAr
SUB		
Turbine E1	34414	9.8 m/s, 1.3 MW
Turbine E2	34415	7.6 m/s, 690 kW
Turbine E3	34413	6.2 m/s, 451 kW
Turbine E4	34411	7.7 m/s, 1.0 MW
Turbine E5	34412	7.9 m/s, 924 kW

Sidebar Menu:

- Overview
- Server
 - Online data
 - Status
 - Rotor
 - Lubrication system
 - Cooling system
 - Generator
 - Hydraulics
 - Temperatures electri
 - Temperatures mechi
 - Transformer
 - Counters
 - System
- Logbooks
- Acknowledgement
- Commands
- E2
 - Online data
 - Logbooks
 - Acknowledgement
 - Commands
- E3
 - Online data
 - Logbooks
 - Acknowledgement
 - Commands
- E4
 - Online data
 - Logbooks
 - Acknowledgement
 - Commands
- E5
 - Online data
 - Logbooks
 - Acknowledgement
 - Commands
- Grid Stations
 - GRID1
 - Online data
- Sub Stations
 - SUB

Fichier Édition Affichage Historique Marque-pages Outils Aide

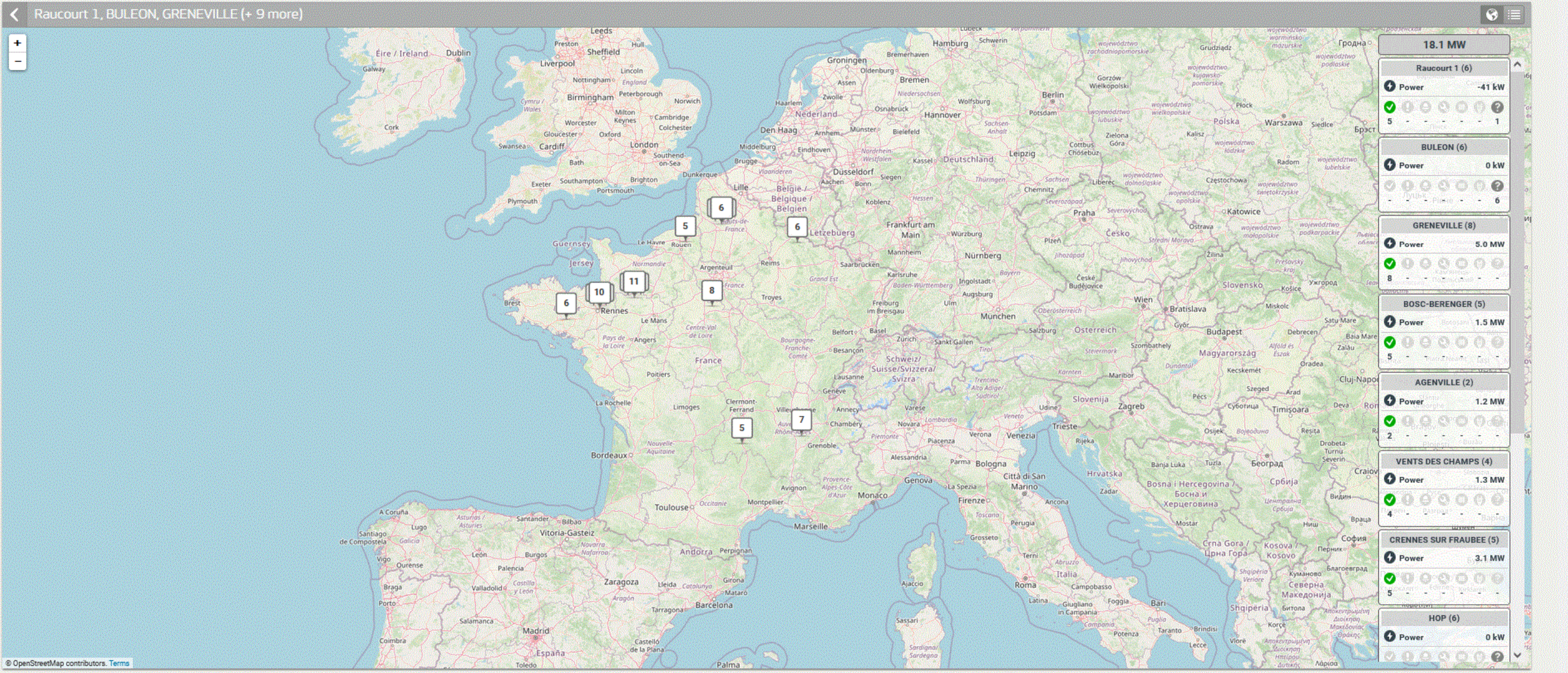
WIS - VSB - Alexandre Duté x VestasOnline Enterprise x +

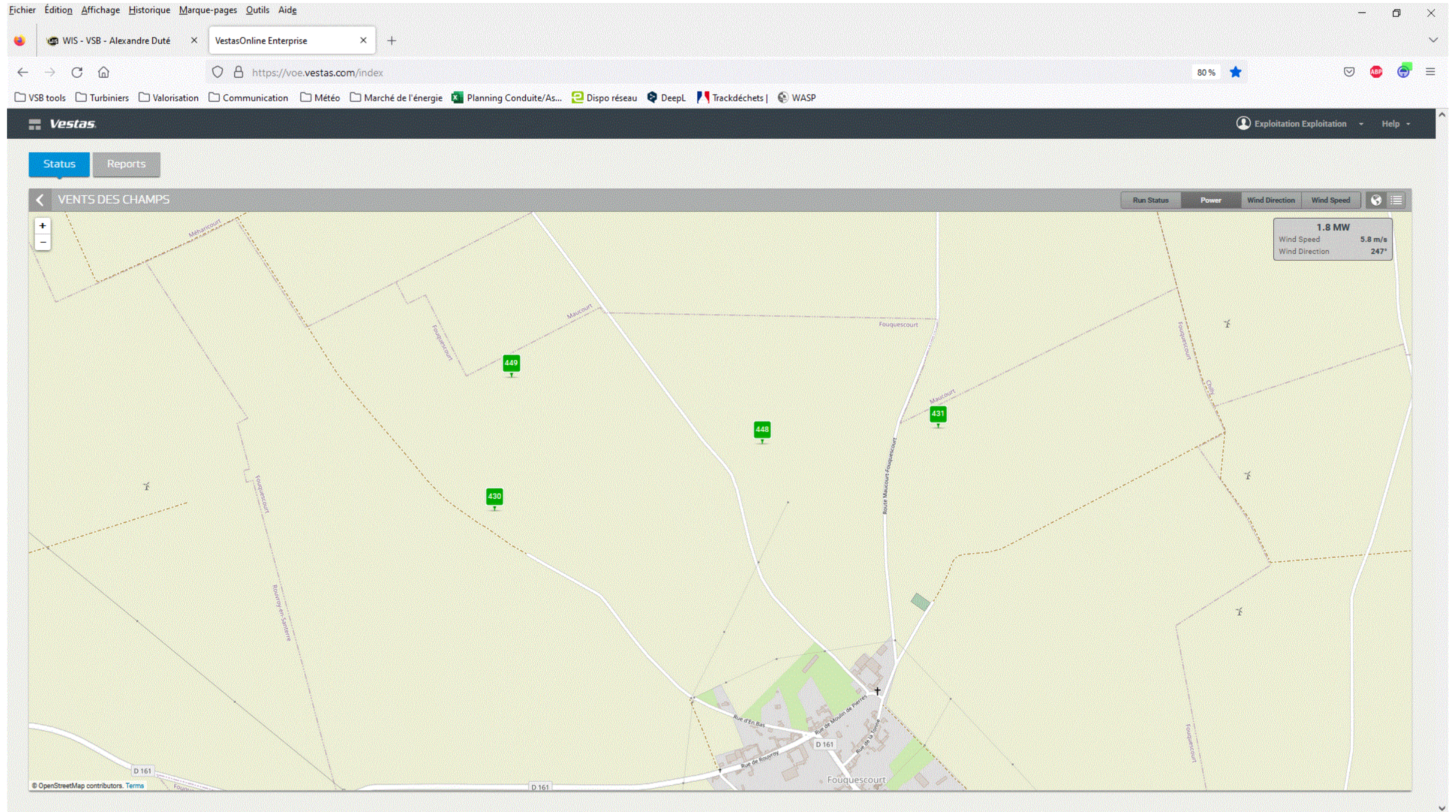
https://voe.vestas.com/index 80%

VSB tools Turbiniers Valorisation Communication Météo Marché de l'énergie Planning Conduite/As... Dispo réseau DeepL Trackdéchets WASP

Vestas Exploitation Exploitation Help

Status Reports





10.7 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 : Évènement 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'évènement 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.

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

Évènement redouté central : Évènement 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 évènement non souhaité dans un système. Les principales actions assurées par les fonctions de sécurité en matière d'accidents majeurs dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler, limiter. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir d'éléments techniques de sécurité, de procédures organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.

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

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

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

Intensité des effets d'un phénomène dangereux : Mesure physique de l'intensité du phénomène (thermique, toxique, surpression, projections). Parfois appelée gravité potentielle du phénomène dangereux (mais cette expression est source d'erreur). Les échelles d'évaluation de l'intensité se réfèrent à des seuils d'effets moyens

conventionnels sur des types d'éléments vulnérables [ou enjeux] tels que « homme », « structures ». Elles sont définies, pour les installations classées, dans l'arrêté du 29/09/2005. L'intensité ne tient pas compte de l'existence ou non d'enjeux exposés. Elle est cartographiée sous la forme de zones d'effets pour les différents seuils.

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;
2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement ;

SER : Syndicat des Energies Renouvelables ;

FEE : France Énergie Éolienne (branche éolienne du SER) ;

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

EDD : Étude de dangers ;

APR : Analyse Préliminaire des Risques ;

ERP : Établissement Recevant du Public.

- Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement ;
- 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 ;
- Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne ;
- 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 ;
- Alpine test site Güttsch : 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 Général des Mines - Guillet R., Leteutrois J.-P. - juillet 2004 ;
- Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003 ;
- Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005.

10.8 Bibliographie et références utilisées

- L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011 ;
- NF EN 61400-1 Éoliennes - Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006 ;
- 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 ;
- Oméga 10: Évaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005 ;

ICONOGRAPHIE / LISTE DES ILLUSTRATIONS

SOMMAIRE DES CARTES

Carte 1 : Plan de situation du projet de parc éolien du projet de parc éolien des Genévriers	12	Carte 18 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E11	37
Carte 2 : Zone d'étude des dangers du parc éolien des Genévriers	14	Carte 19 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E12	38
Carte 3 : Localisation de l'habitat par rapport à la zone d'étude des dangers	17	Carte 20 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E13	39
Carte 4 : activité et usages pratiqués sur la zone d'étude des dangers	18	Carte 21 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E14	40
Carte 5 : L'aléa retrait-gonflement des argiles au droit de la zone d'étude des dangers	21	Carte 22 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E15	41
Carte 6 : Voies de communication identifiées au droit de la zone d'étude des dangers	23	Carte 23 : Le projet en phase d'exploitation (zone nord)	47
Carte 7 : Cartographie de synthèse des enjeux pour le projet éolien des Genévriers	26	Carte 24 : Le projet en phase d'exploitation (zone sud)	48
Carte 8 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E1	27	Carte 25 : Plan du raccordement inter-éolien et des postes de livraison	54
Carte 9 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E2	28	Carte 26 : Synthèse des risques pour les éoliennes des Genévriers	107
Carte 10 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E3	29	Carte 27 : Synthèse des risques pour l'éolienne E1	108
Carte 11 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E4	30	Carte 28 : Synthèse des risques pour l'éolienne E2	109
Carte 12 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E5	31	Carte 29 : Synthèse des risques pour l'éolienne E3	110
Carte 13 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E6	32	Carte 30 : Synthèse des risques pour l'éolienne E4	111
Carte 14 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E7	33	Carte 31 : Synthèse des risques pour l'éolienne E5	112
Carte 15 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E8	34	Carte 32 : Synthèse des risques pour l'éolienne E6	113
Carte 16 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E9	35	Carte 33 : Synthèse des risques pour l'éolienne E7	114
Carte 17 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'aire d'étude des dangers d'E10	36	Carte 34 : Synthèse des risques pour l'éolienne E8	115
		Carte 35 : Synthèse des risques pour l'éolienne E9	116
		Carte 36 : Synthèse des risques pour l'éolienne E10	117
		Carte 37 : Synthèse des risques pour l'éolienne E11	118
		Carte 38 : Synthèse des risques pour l'éolienne E12	119
		Carte 39 : Synthèse des risques pour l'éolienne E13.	120
		Carte 40 : Synthèse des risques pour l'éolienne E14	121
		Carte 41 : Synthèse des risques pour l'éolienne E15	122

ICONOGRAPHIE / LISTE DES ILLUSTRATIONS

SOMMAIRE DES FIGURES

Figure 1 : Rose des vents du site des Génévriers	19
Figure 2 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur	45
Figure 3 : Emprises au sol d'une éolienne	46
Figure 4 : Exemple de moyeu	50
Figure 5 : Schéma type d'une fondation	52
Figure 6 : Schéma de principe du raccordement électrique des installations. (Source. ADEME et CERESA)	52
Figure 7 : Principe d'enfouissement et coupe d'un câble de raccordement souterrain (source : RTE)	53
Figure 8 : Répartition des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2020	68
Figure 9 : Photo des 3 tableaux d'affichages correspondant aux SCADA Enercon, Vestas et Nordex (source : VSB)	90
Figure 10 : Ecran des systèmes SCADA Nordex pour le parc éolien de Dehlingen	150
Figure 11 : Ecran des systèmes SCADA Enercon pour le parc éolien de Cambernon	153
Figure 12 : Ecran des systèmes Enercon pour le parc éolien de Cambernon	155
Figure 13 : Ecran des systèmes Vestas pour le parc éolien de Crennes	157

SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Coordonnées des équipements du projet éolien des Génévriers (Source : VSB)	13
Tableau 2 : Distances d'éloignement des éoliennes vis-à-vis des plus proches habitations et zones d'habitation	17
Tableau 3 : Caractéristiques des vents violents (Source : Météo-France)	19
Tableau 4 : Données sur les températures minimales enregistrées à la station de Nemours (Source : Météo-France)	20

Tableau 5 : Données pluviométriques enregistrées à la station de Nemours (Source : Météo-France)	20
Tableau 6 : Données sur le nombre moyen de jours avec neige enregistré à la station d'Orléans (Source : Météo-France)	20
Tableau 7 : Données sur le nombre moyen de jours avec grêle enregistré à la station d'Orléans (Source : Météo-France)	20
Tableau 8 : Données sur le nombre moyen de jours avec grêle enregistré à la station d'Orléans (Source : Météo-France)	20
Tableau 9 : Potentiels de dangers retenus pour l'analyse préliminaire des risques pour le parc éolien des Génévriers	24
Tableau 10 : Caractéristiques et gabarits des aérogénérateurs envisagés pour le parc éolien des Génévriers	49
Tableau 11 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement du parc éolien des Génévriers	63
Tableau 12 : Principales agressions externes liées aux activités humaines retenues pour l'Analyse Préliminaire des Risques	74
Tableau 13 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels retenues pour l'Analyse Préliminaire des Risques	75
Tableau 14 : Analyse générique des risques concernant un parc éolien	76
Tableau 15 : principaux contrôles effectués sur les éoliennes Vestas	83
Tableau 16 : opération de maintenance supplémentaires pour les éoliennes Vestas	84
Tableau 17 : opération de maintenance préventive en vue d'événements climatiques particuliers	85
Tableau 18 : opérations de maintenance permettant de prévenir les incendies	85
Tableau 19 : Opérations nécessitant des vérifications spéciales permettant de prévenir des dysfonctionnements importants	85
Tableau 20 : opération de maintenance visant à prévenir la survitesse	85
Tableau 21 : opération de graissage et d'entretien des éoliennes Enercon	88
Tableau 22 : Opérations de maintenance dépendante du vent	88
Tableau 23 : Scénarios exclus de l'analyse détaillée des risques (Source : INERIS)	90
Tableau 24 : Détermination des seuils d'exposition à un accident se produisant sur une éolienne	94
Tableau 25 : Détermination des niveaux de gravité en fonction des seuils d'exposition	95

ICONOGRAPHIE / LISTE DES ILLUSTRATIONS

Tableau 26 : Échelle de probabilité quantitative présentée en Annexe 1 de l'Arrêté du 29 septembre 2005	95
Tableau 27 : Intensité du phénomène d'effondrement d'éolienne	96
Tableau 28 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque d'effondrement d'éolienne et gravité associée	96
Tableau 29 : Probabilités d'effondrement d'éolienne retenues dans la littérature	97
Tableau 30 : Acceptabilité du risque d'effondrement d'éolienne	97
Tableau 31 : Intensité du phénomène de chute de glace	98
Tableau 32 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de chute de glace et gravité associée	98
Tableau 33 : Acceptabilité du risque de chute de glace	99
Tableau 34 : Intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne	99
Tableau 35 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de chute d'éléments et gravité associée	100
Tableau 36 : Acceptabilité du risque de chute d'éléments de l'éolienne	100
Tableau 37 : Intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale	101
Tableau 38 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de projection de pale ou de fragment de pale et gravité associée	102
Tableau 39 : Acceptabilité du risque de projection de pale ou de fragment de pale	103
Tableau 40 : Intensité du phénomène de projection de morceaux de glace	103
Tableau 41 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de projection de glace et gravité associée	104
Tableau 42 : Acceptabilité du risque de projection de glace	104
Tableau 43 : Tableau de synthèse des scénarios étudiés	105
Tableau 44 : Matrice d'acceptabilité des scénarios étudiés	105
Tableau 45 : Accidentologie recensée en France entre les années 2000 et août 2020 (Sources : base de données ARIA, articles de presse)	131

