Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale

Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube (Aube, 10)

Communes de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

PIÈCE 6A : RÉSUMÉ NON TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS



Maître d'Ouvrage : SAINT OULPH ETRELLES ENERGIE

Décembre 2024

inddigo

Agence :
INDDIGO
7, avenue du Général Sarrail
31290 Villefranche-de-Lauragais - France
Tél. : 05 61 81 69 00

énergie environnement

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 L'INSTALLATION ET SON ENVIRONNEMENT 5

1.1 L'installation 7
1.2 La zone d'étude des dangers 9
1.3 L'environnement autour de l'installation 10

2 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION 15

2.1 Potentiels de dangers liés aux produits 17
2.2 L'analyse des retours d'expérience 17
2.3 Analyse Préliminaire des Risques 17
2.4 Etude détaillée des risques 18

3 CONCLUSION 20

inddigo

1 L'INSTALLATION ET SON ENVIRONNEMENT

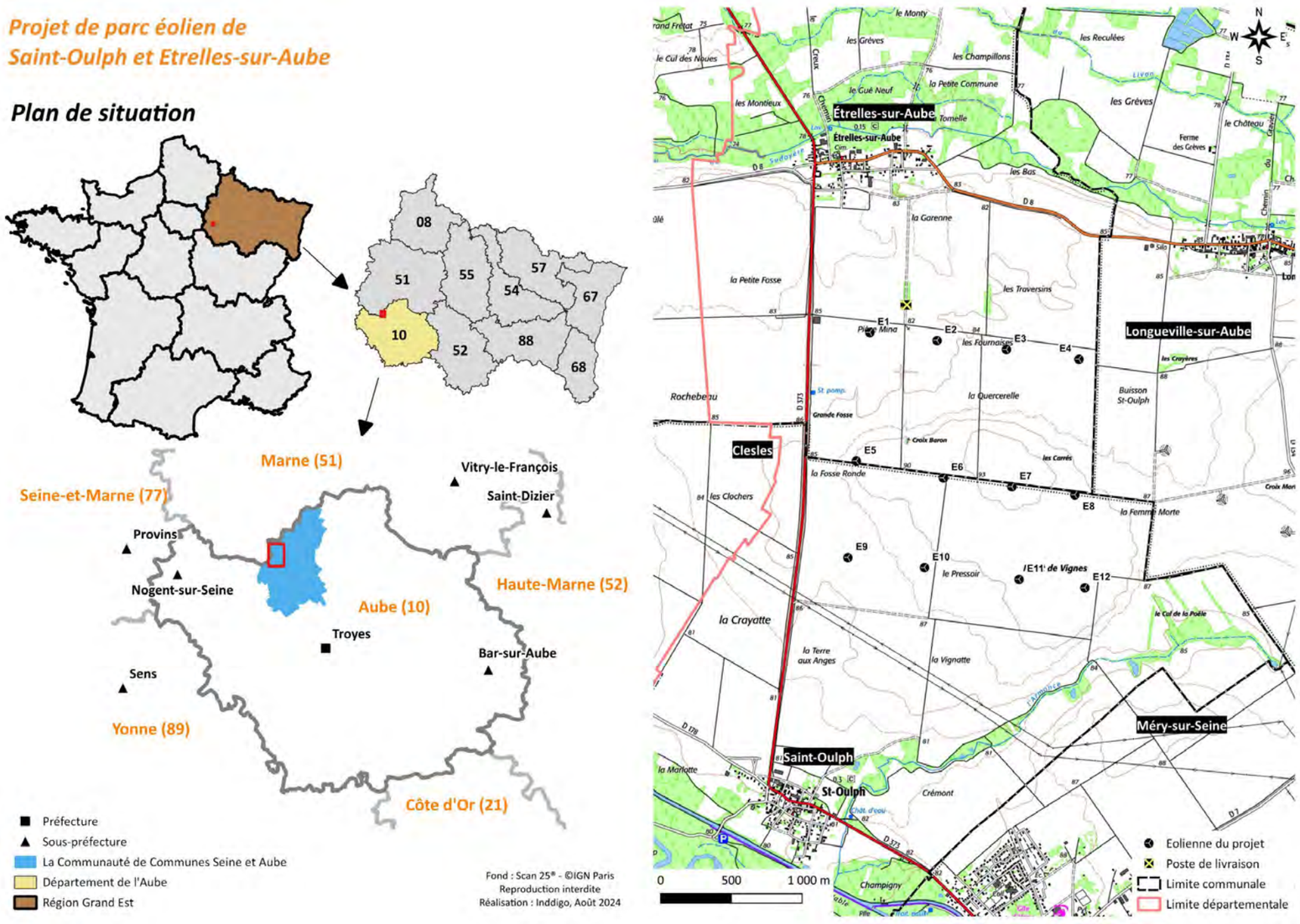
1.1 L'installation 7
1.2 La zone d'étude des dangers 9
1.3 L'environnement autour de l'installation 10
1.3.1 L'environnement humain, technologique et matériel 10
1.3.2 L'environnement naturel 12
1.3.3 Facteurs de risques et principaux enjeux à protéger 13

1.1 L'installation

Le présent projet éolien consiste en l'implantation de 12 aérogénérateurs sur le territoire des communes de Saint-Oulph et d'Etrelles-sur-Aube, dans le département de l'Aube (10) en région Grand Est.

Les éoliennes équipant ce parc auront une puissance unitaire nominale de 4,5 MW.

La carte ci-après permet de situer les éoliennes du parc de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube à différentes échelles : nationale, régionale, départementale et communale.



Carte 1 : Plan de situation du projet de parc éolien de Saint-Oulph et d'Etrelles-sur-Aube

Les principaux éléments constitutifs du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube sont :

- 12 éoliennes développant une puissance individuelle de 4,5 MW, pour une puissance électrique maximale du parc de 54 MW. Le modèle envisagé correspond à la Vestas V163 ;

Tableau 1 : Caractéristiques et gabarits des aérogénérateurs envisagés pour le parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

Nom de la machine	V163
Constructeur	Vestas
Puissance nominale	4,5 MW
Diamètre du rotor	163 m
Hauteur en bout de pale	207,5 m
Hauteur de moyeu	126 m
Longueur de pale	80 m
Largeur maximale de la pale	4,2 m
Diamètre de la base du mât	4,45 m

- Deux postes doubles de livraison ;
- les pistes d'accès et les plateformes de levage/maintenance nécessaires à la desserte des aérogénérateurs ;
- les liaisons électriques et de télécommunication inter-éoliennes enterrées.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques de chacune des 12 éoliennes et des postes de livraison équipant le parc :

Tableau 2 : Coordonnées des équipements du projet éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube (source : JPEE ENVIRONNEMENT)

	Coordonnées géographiques des éoliennes et des postes de livraison (Lambert 93)					
Équipements	X	Y	Z (altitude du terrain en mètres)	Parcelle		Commune d'implantation
				Section	Numéro	
Éolienne 1 (E1)	764601	6828037	81	ZO	10	Etrelles-sur-Aube
Éolienne 2 (E2)	765076	6827980	84	ZR	28	
Éolienne 3 (E3)	765566	6827917	85	ZR	9	
Éolienne 4 (E4)	766079	6827849	85	ZR	23	
Éolienne 5 (E5)	764506	6827131	89	ZO	15	
Éolienne 6 (E6)	765121	6827012	92	ZL	28	Saint-Oulph
Éolienne 7 (E7)	765604	6826950	97	ZM	3	
Éolienne 8 (E8)	766049	6826893	92	ZM	6	
Éolienne 9 (E9)	764446	6826451	86	ZL	15	
Éolienne 10 (E10)	764987	6826380	88	ZL	15	
Éolienne 11 (E11)	765655	6826297	91	ZM	6	
Éolienne 12 (E12)	766120	6826237	93	ZM	7	
Poste de livraison 1 (PDL 1)	764847	6828234	82	ZO	9	Etrelles-sur-Aube
Poste de livraison 2 (PDL 2)	764847	6828228	82	ZO	9	
Poste de livraison 3 (PDL 3)	764864	6828233	82	ZP	1	
Poste de livraison 4 (PDL 4)	764864	6828227	82	ZP	1	

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. Les éoliennes de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, dont la hauteur en bout de pale sera de 207,5 m, seront équipées de deux niveaux de feux d'obstacles basse intensité de type B à 45 m et 90 m de hauteur. Par ailleurs, en l'état des possibilités offertes par les évolutions réglementaires, il est envisagé un balisage différencié avec des éoliennes primaires et des éoliennes secondaires (balisage de moindre intensité), ainsi qu'une orientation des faisceaux lumineux vers le ciel.

Des études géotechniques assureront le dimensionnement adéquat des fondations des éoliennes. Les fondations attendues pour ce type d'aérogénérateurs sont similaires au schéma suivant :

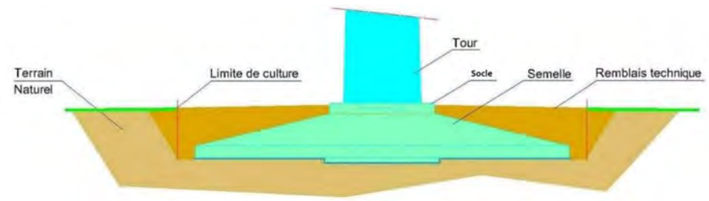


Figure 1 : Schéma type d'une fondation

La production des douze éoliennes atteindra environ 120 700 MWh par an. Elle correspond à l'équivalent de la consommation électrique domestique (chauffage inclus) de près de 18 200 personnes.

Durant les 20 à 25 années d'exploitation, le parc éolien fera l'objet d'une maintenance régulière et programmée. Aucun produit dangereux ne sera stocké ni dans les éoliennes, ni dans les postes de livraison.

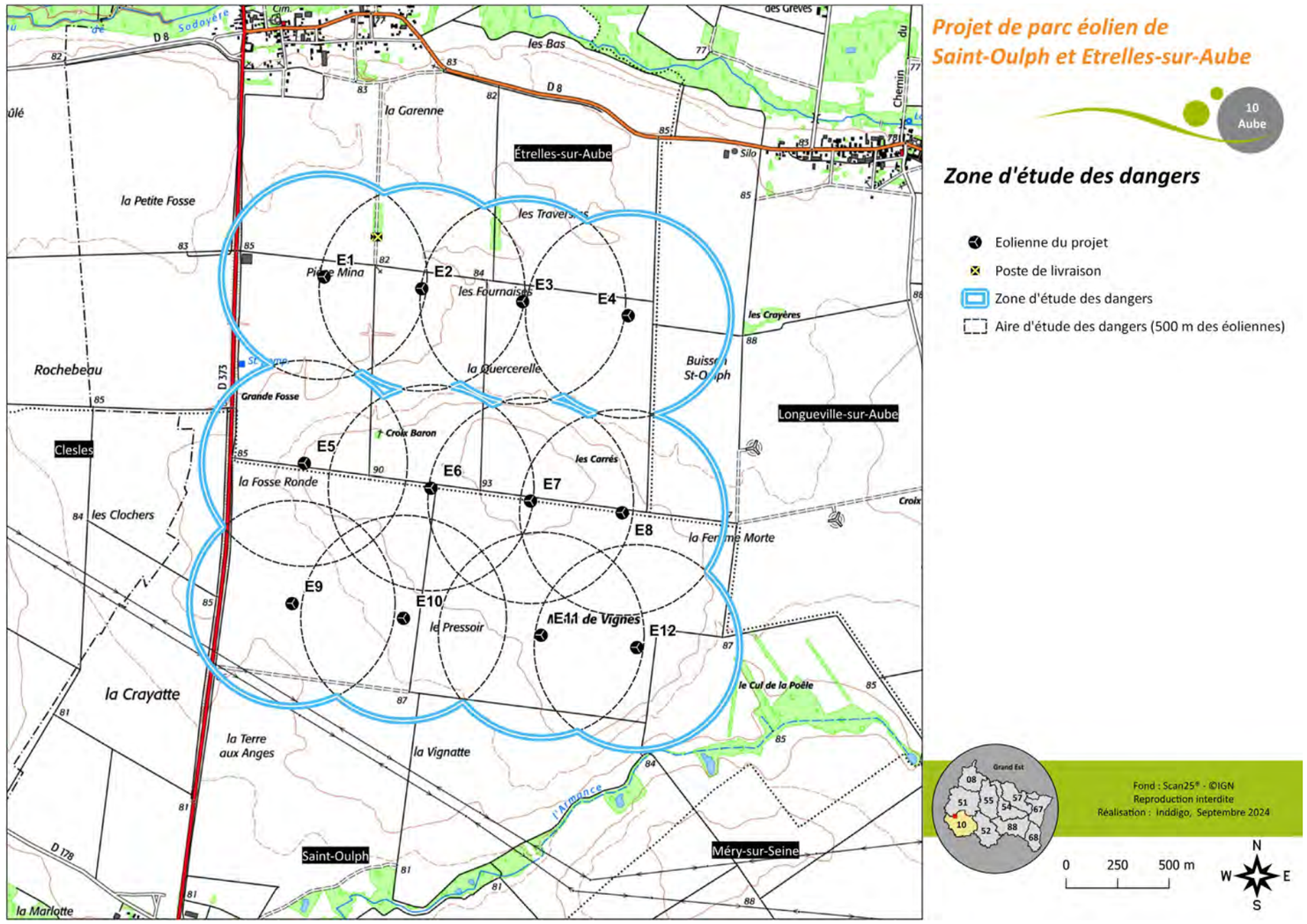
1.2 La zone d'étude des dangers

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, dite zone d'étude des dangers, est constituée d'une aire d'étude par éolienne**.

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'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection.

Conformément à ces préconisations, il a été appliqué un rayon de 500 mètres autour de chaque mât des douze 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**.

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.



Carte 2 : Zone d'étude des dangers des éoliennes de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

1.3 L'environnement autour de l'installation

Ce chapitre a pour vocation d'identifier :

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

1.3.1 L'environnement humain, technologique et matériel

1.3.1.1 Zones urbanisées

Le projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube se situe dans un environnement dépourvu d'habitations, lesquelles sont concentrées dans les centre-bourg des communes de Longueville-sur-Aube, Etrelles-sur-Aube et de Saint-Oulph.

Les éoliennes du projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube se situent *a minima* à 905 mètres de toute habitation ou zone d'habitation définie par un document d'urbanisme.

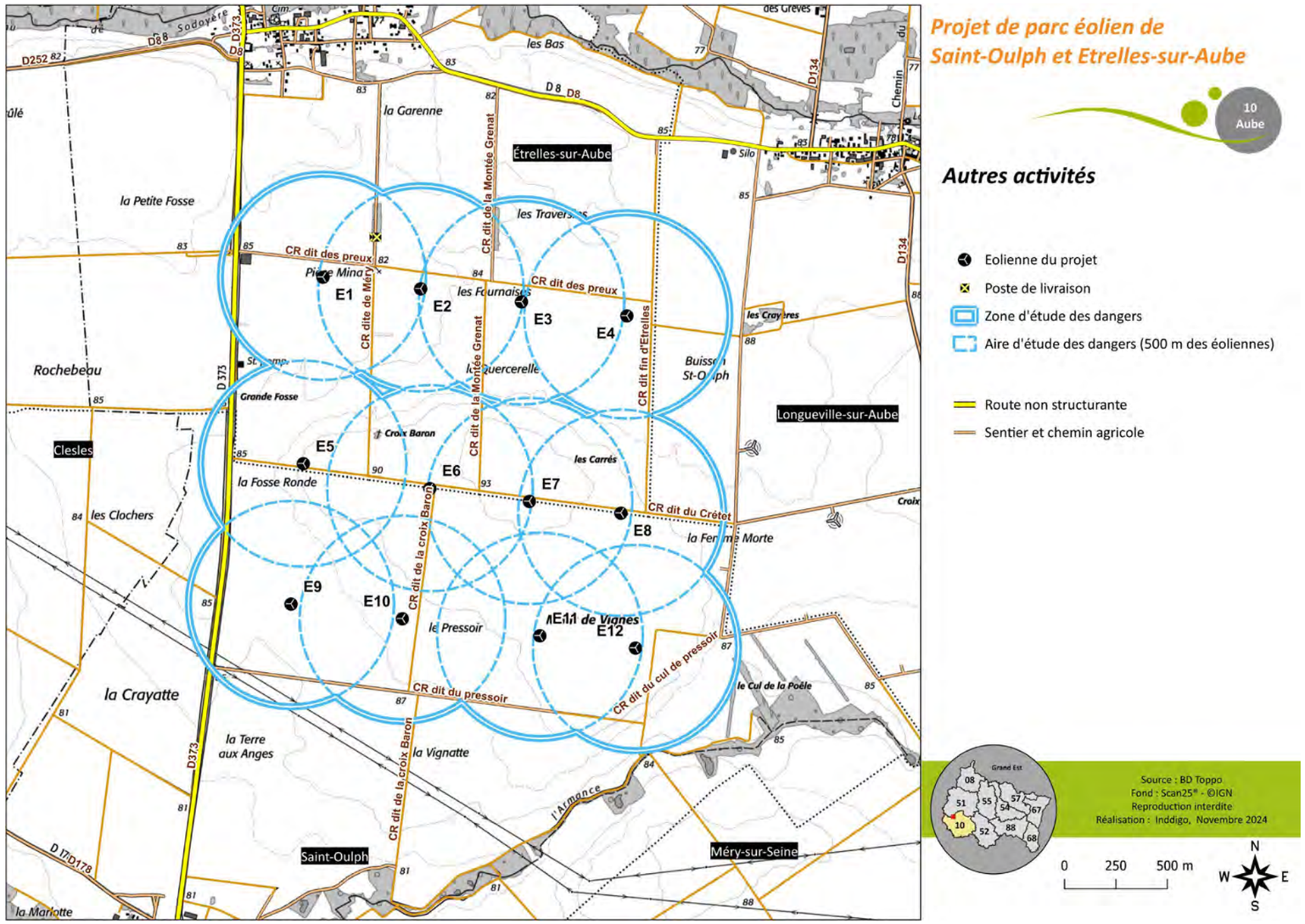
La majorité des établissements recensés sur le territoire des communes concernées par la zone d'étude des dangers se situe en centres-bourgs (mairies, églises, commerces, gites, etc.). **Aucun établissement de ce type n'est présent au sein de la zone d'étude des dangers.**

1.3.1.2 Voies de communication

Seule une route, à savoir une route départementale, traverse la zone d'étude des dangers. Il s'agit de la D373 évoluant sur sa partie ouest. Le tronçon intercepté au niveau des zones d'étude de dangers des éoliennes E1, E5 et E9 s'étend sur 2 195 m.

Celle-ci compte un trafic journalier inférieur à 2 000 véhicules/jour ; **elle est donc considérée comme non structurante.**

La zone d'étude des dangers est par ailleurs concernée par un maillage de chemins ruraux destinées à la desserte des parcelles agricoles du secteur (Cf. carte suivante).



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

Par ailleurs, il est à noter l'absence de voie ferroviaire, de cours d'eau ou de canaux navigables ou de piste aérienne au droit ou aux abords de la zone d'étude des dangers.

1.3.1.3 Activités

La zone d'étude des dangers s'insère dans un milieu agricole tourné principalement vers le tournesol, le maïs et d'autres cultures industrielles. A noter la présence d'un hangar agricole à l'ouest de l'éolienne E1.

Seule une route traverse le site, les autres axes étant des chemins ou bien des sentiers. Aucun circuit de randonnée n'est identifié au sein de la zone d'étude des dangers. À noter par ailleurs que les terrains agricoles 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 concernées ainsi que du hangar ;
- les chasseurs locaux.

1.3.1.4 Réseaux et canalisations

Une ligne électrique à haute-tension appartenant à RTE (Réseau de transport d'électricité) a été recensée au sein de la zone d'étude de dangers. Le gestionnaire préconise un éloignement de 261 m des éoliennes vis-à-vis de cette installation.

1.3.1.5 Activités industrielles

Le recensement des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) éventuellement présentes au sein de la zone d'étude des dangers a mis en évidence l'**absence d'établissements de ce type au sein du périmètre d'étude**. Le plus proche est situé à 545 m au plus près. Il s'agit de l'éolienne correspondant à l'extension du parc de Longueville-sur-Aube.

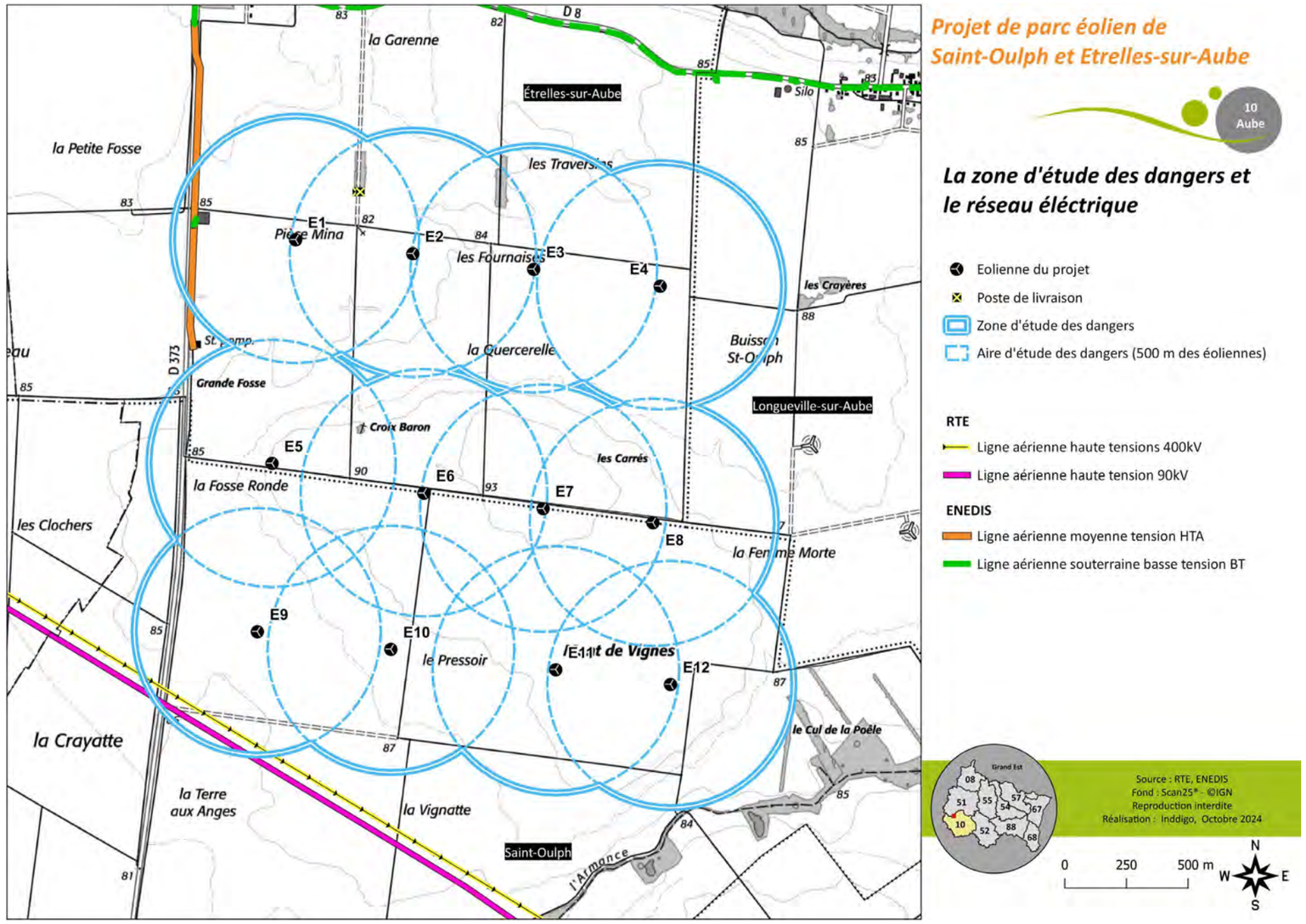
A l'ouest, à 635 m au plus proche, un Etablissement Classé pour la Protection de l'Environnement (ICPE) correspondant à une éolienne du parc éolien de Rochebeau en cours d'autorisation a été identifié.

À noter qu'aucune ICPE SEVESO ni aucune Installation Nucléaire de Base (INB) n'est présente au sein ou à proximité de la zone d'étude des dangers.

1.3.1.6 Aviation et sécurité civile

Dans le cadre de la réalisation de la présente étude de dangers, les services de l'Armée de l'air et de la Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile (DSAC) 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** en lien avec les activités de ces organismes.



Carte 4 : réseaux électriques identifiés au sein de la zone d'étude des dangers

1.3.2 L'environnement naturel

1.3.2.1 Contexte climatique

1.3.2.1.1 Le vent

Les investigations sur le potentiel éolien local ont permis de mettre en évidence une vitesse moyenne du vent de 6,19 m/s à 100 m d'altitude.

Concernant les vents extrêmes, les données récoltées par la station Météo-France de Troyes-Barberey, située à environ 23 km au sud-est de la zone d'étude des dangers, indiquent que des vents dépassant les 85 km/h (23 m/s) à 10 m de hauteur balaient ponctuellement le site. La plus forte rafale enregistrée s'élevait à 41 m/s.

1.3.2.1.2 La pluviométrie

Les **données de précipitations sont inférieures à la moyenne nationale** (889 mm) à la station de Troyes-Barberey, avec 644,6 mm annuellement. Les pluies tombent tout au long de l'année de façon assez régulière avec une activité maximale constatée en mai et en octobre.

1.3.2.1.3 La neige et la grêle

Aucune donnée n'est disponible concernant la neige et la grêle aux stations météorologiques les plus proches. Par défaut, il est possible de considérer que celles-ci concernent ponctuellement le site de projet.

1.3.2.1.4 Brouillard

Ici encore, en l'absence de suivi météorologique de ce paramètre, ce phénomène sera par précaution pris en compte sur le site.

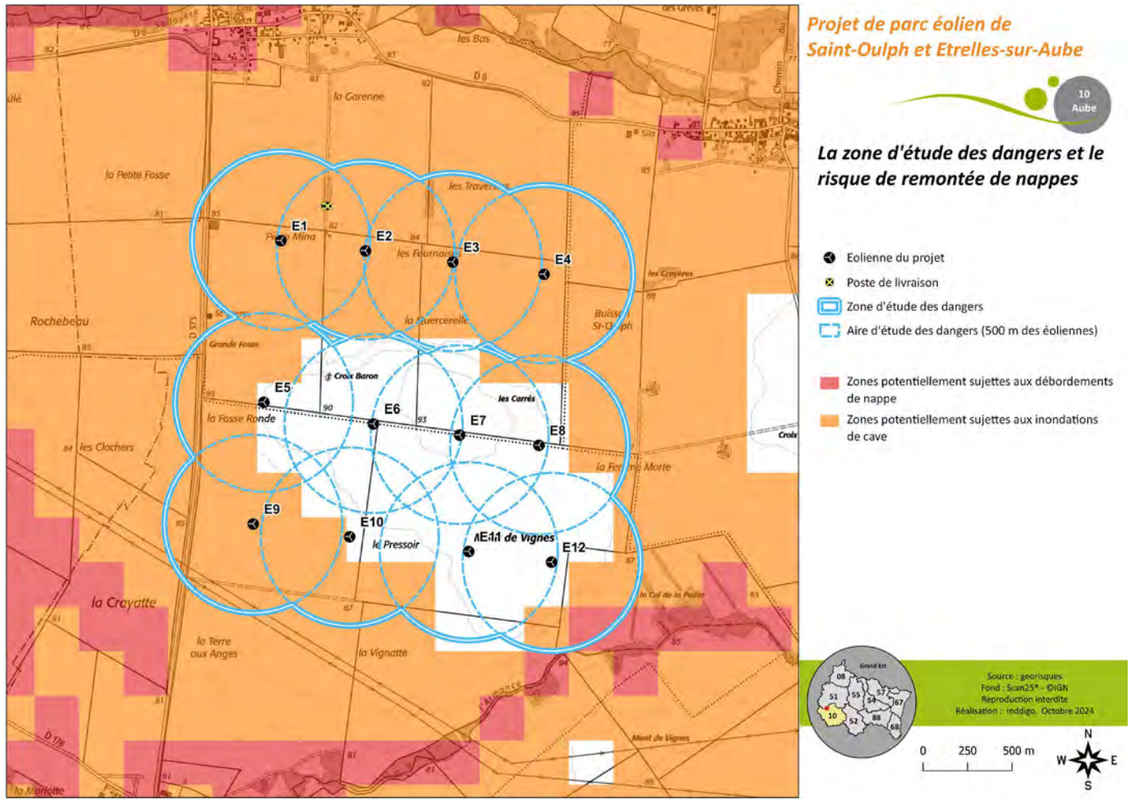
1.3.2.2 Les risques naturels

1.3.2.2.1 Foudre

La foudre est susceptible de frapper en tout point du territoire national, le risque est donc à prendre en considération pour le projet de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

1.3.2.2.2 Inondation par crue ou remontée de nappes

Le parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube et la zone d'étude de dangers associée ne sont concernés par aucun périmètre de zone inondable en lien avec un phénomène de crue. Toutefois, le périmètre d'étude s'inscrit pour partie en zone sujette au risque d'inondations de caves lié à l'aléa de remontée de nappes. La potentialité d'une inondation du site par phénomène de remontée de nappe est à prendre en compte.

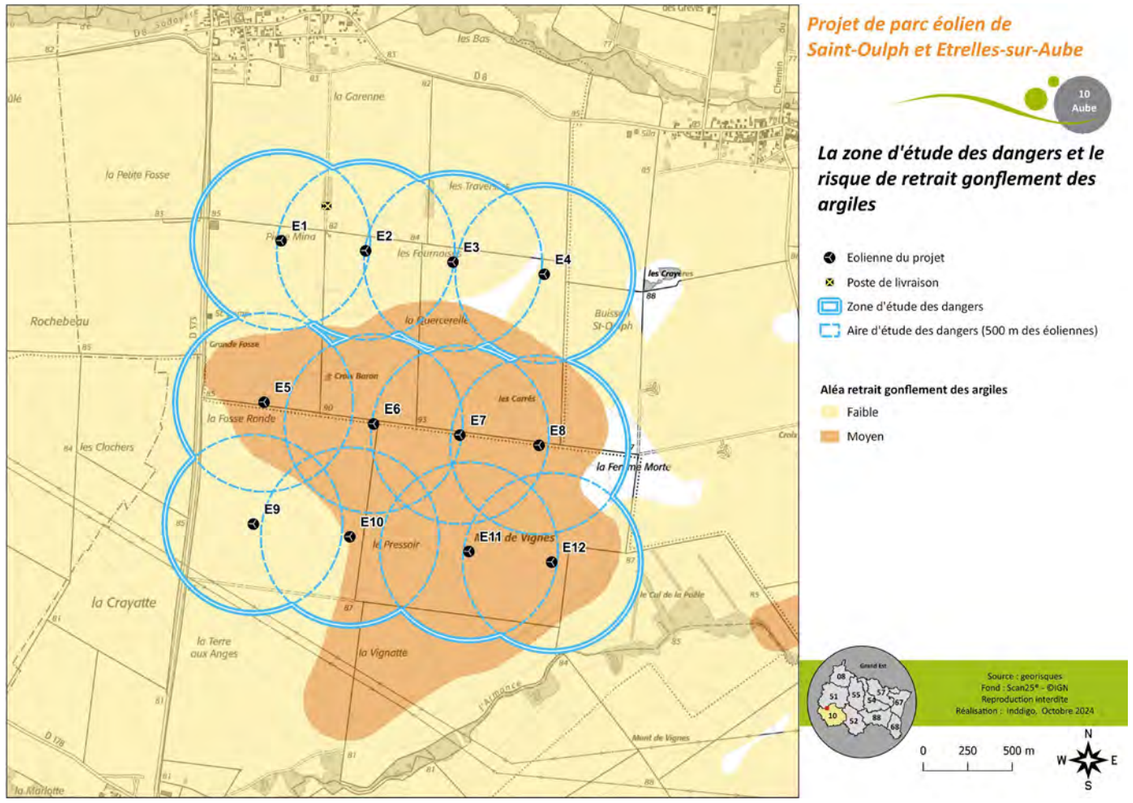


Carte 5 : L'aléa remontée de nappes au droit de la zone d'étude des dangers

1.3.2.2.3 Mouvements de terrain

Le territoire de la zone d'étude des dangers est concerné par le risque de mouvements de terrains en lien avec **le retrait et gonflement des argiles**. Le niveau d'aléa retrait-gonflement des argiles est faible à modéré au droit des éoliennes du projet de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

De plus, bien qu'aucune cavité souterraine ne soit identifiée sur le territoire de la zone d'étude des dangers, la présence potentielle de cavités souterraines liée à la nature du sous-sol implique un enjeu modéré concernant le risque de mouvements de terrain par effondrement de cavités souterraines.



Carte 6 : L'aléa retrait-gonflement des argiles au droit de la zone d'étude des dangers

1.3.2.2.4 Séismes

La zone d'étude des dangers se situe en zone de sismicité très faible (zone 1).

1.3.2.2.5 Tempêtes

Selon le Dossier Départemental des Risques Majeurs, le département est concerné par le risque tempête.

1.3.2.2.6 Feux de forêts

Ce risque n'est pas identifié au droit de la zone d'étude des dangers.

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 et tempêtes ;
- les températures et le gel ;
- les précipitations (pluie, neige, grêle) ;
- le brouillard ;
- les mouvements de terrain ;
- la foudre ;
- les mouvements de terrain ;
- les inondations par remontée de nappes
- les voies de circulations présentes à moins de 200 m des mâts des éoliennes.

Concernant les zones 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. Ils sont utilisés par les propriétaires fonciers, les ouvriers et les exploitants des parcelles concernées ainsi que par les chasseurs ;
- le hangar agricole à l'ouest de la zone d'étude de dangers de l'éolienne E1 ;
- les voies de communication traversant la zone d'étude des dangers : RD 373, réseau de chemins ruraux). 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 terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés tels que le hangar agricole : 1 personne exposée ;
- sur les voies de communications : 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube auront une largeur de 5 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.



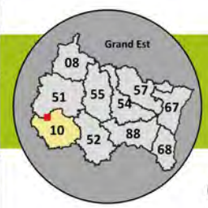
Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Synthèse des enjeux

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

- Plateforme et piste
  1 personne pour 10 ha
- Bâti agricole
  1 personne exposée
- Terrain non aménagé peu fréquenté
  1 personne pour 100 ha
- Route non structurante
  1 personne pour 10 ha
- Sentiers et chemins agricoles
  2 personnes par km



Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Décembre 2024

0 250 500 m

N W E S

Carte 7 : cartographie de synthèse des enjeux à protéger pour le projet éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

2 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

2.1 Potentiels de dangers liés aux produits 17
2.1.1 Les potentiels de dangers liés à ces produits 17
2.1.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation 17
2.2 L'analyse des retours d'expérience 17
2.3 Analyse Préliminaire des Risques 17
2.4 Etude détaillée des risques 18

2.1 Potentiels de dangers liés aux produits

2.1.1 Les potentiels de dangers liés à ces 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube 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, la société SAINT OULPH ETRELLES ENERGIE a adopté 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 :

- le choix de l'emplacement et du dimensionnement des éoliennes, avec la prise en compte :
  - des contraintes techniques : respect des règles imposées par les servitudes aéronautiques et la présence de lignes électriques haute-tension sur le site ;
  - des contraintes réglementaires : respect d'un éloignement minimum de 500 mètres vis-à-vis des habitations et des zones d'habitation ;
  - des contraintes environnementales, naturalistes et paysagères notamment, pour lesquelles les experts ont émis un certain nombre de recommandations (Cf. Étude d'impact sur l'environnement) ;
  - des contraintes foncières ;
- le choix des caractéristiques des éoliennes : l'étude du gisement éolien a permis de déterminer le modèle d'éoliennes les mieux adaptées au site afin qu'elles supportent au mieux les contraintes de vent du secteur.

2.2 L'analyse des retours d'expérience

Le retour d'expérience des filières éoliennes françaises et internationales en matière d'incidents et d'accidents survenus sur des éoliennes permet d'identifier les principaux événements redoutés suivants :

- effondrements ;
- ruptures de pales ;
- chutes de pales et d'éléments de l'éolienne ;
- incendie.

Mais l'analyse des accidents survenus sur les éoliennes montre que ceux-ci n'augmentent pas proportionnellement avec le nombre d'éoliennes installées. Actuellement, avec un nombre d'éoliennes installées sans cesse en croissance, le nombre d'accidents reste relativement stable. La majorité des accidents sont survenus sur des modèles d'éoliennes anciens, qui ne bénéficiaient pas des dernières avancées technologiques.

Il est également à souligner que le retour d'expérience en matière d'accidentologie survenue sur des parcs éoliens doit être pris avec précaution. En effet un certain nombre d'incertitudes demeure (non-exhaustivité des événements, …).

2.3 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 *scenarii* pouvant conduire à des événements accidentels, à savoir :

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

Plusieurs évènements 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 ». Ce tri dans les évènements 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 *scenarii* 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 *scenarii* 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 ou de détection de la formation de glace sur les pales couplé à un dispositif de mise à l'arrêt de la turbine et à des procédures de redémarrage ;
- l'installation de panneaux d'information au pied des éoliennes afin de prévenir les personnes du risque de chute de glace ;
- l'installation de systèmes de détection et de mise à l'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.

2.4 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'enchainement 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 douze éoliennes du projet de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

Tableau 3 : 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 (207,5 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 (évènement 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)	Sérieuse Pour E1, E2, E3, E5, E6 et E9 Modérée Pour , E4, E7, E8, E10, E11 et E12
Projection de glace	Disque de 433,5 m de rayon autour du mât de l'éolienne (formule = 1,5 x (H + 2R))	Rapide	Exposition modérée	B (probable)	Sérieuse Pour E1 Modérée Pour E2 à E12

Il apparaît que toutes les mesures de maîtrise des risques qui seront mises en place sur les éoliennes de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube 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 au pied des éoliennes pour prévenir du risque de chute et de projection de glace ; par ailleurs, un système de déduction ou 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, … ;
- 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		Projection de pale (E1, E2, E3, E5, E6 et E9)		Projection de glace (E1)	
	Modéré		Effondrement d'éolienne Projection de pale (E4, E7, E8, E10, E11 et E12)	Chute d'éléments	Projection de glace (E2 à E12)	Chute de glace

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 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube présente des risques acceptables.

3 CONCLUSION

Étude de dangers du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube :

- 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.

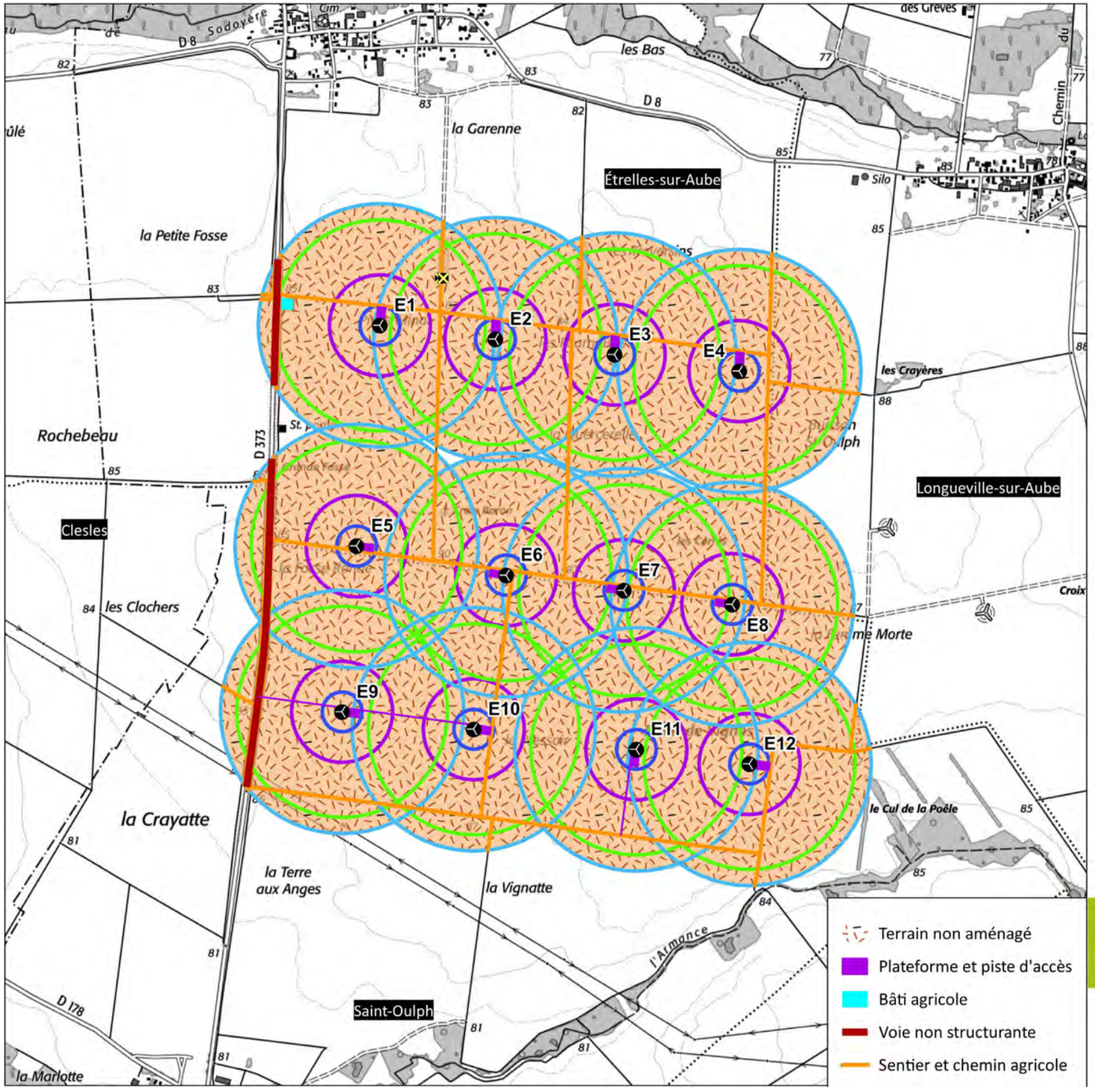
L'**effondrement de l'éolienne** présente une intensité modérée et sa probabilité est jugée « rare » d'après les retours d'expériences et les mesures correctives mises en place pour éviter ce genre d'accident (contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages, procédure de maintenance, 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 207,5 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, chemins et sentiers.

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 « Modérée » pour la chute d'éléments. Ces enjeux sont les suivants : terrains non aménagés et très peu fréquentés, plateformes, pistes d'accès, chemins et sentiers.

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 433,5 m autour de chaque mât), sa gravité est considérée comme « Modérée » pour les aérogénérateurs E2 à E12 et « Sérieux » pour E1. Les enjeux sont les suivants : terrains non aménagés et très peu fréquentés, pistes d'accès aux éoliennes et plateformes, chemins et sentiers, routes non structurantes et hangar agricole.

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 » pour les éoliennes E4, E7, E8, E10, E11 et E12 et « Sérieuse » pour les éoliennes E1, E2, E3, E5, E6 et E9. Les enjeux sont les suivants : terrains non aménagés et très peu fréquentés, pistes d'accès aux éoliennes et plateformes, chemins et sentiers et routes non structurantes et hangar agricole.

Finalement, 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.



Carte 8 : Synthèse des risques pour les éoliennes de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

ICONOGRAPHIE / LISTE DES ILLUSTRATIONS

SOMMAIRE DES CARTES

CARTE 1 : PLAN DE SITUATION DU PROJET DE PARC EOLIEN DE SAINT-OULPH ET D'ETRELLES-SUR-AUBE 7
CARTE 2 : ZONE D'ETUDE DES DANGERS DES EOLIENNES DE SAINT-OULPH ET ETRELLES-SUR-AUBE 9
CARTE 3 : VOIES DE COMMUNICATION IDENTIFIEES AU DROIT DE LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS. 10
CARTE 4 : RESEAUX ELECTRIQUES IDENTIFIES AU SEIN DE LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS 11
CARTE 5 : L'ALEA REMONTEE DE NAPPES AU DROIT DE LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS 12
CARTE 6 : L'ALEA RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES AU DROIT DE LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS 13
CARTE 7 : CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE DES ENJEUX A PROTEGER POUR LE PROJET EOLIEN DE SAINT-OULPH ET ETRELLES-SUR-AUBE 14
CARTE 8 : SYNTHESE DES RISQUES POUR LES EOLIENNES DE SAINT-OULPH ET ETRELLES-SUR-AUBE 22

SOMMAIRE DES FIGURES

FIGURE 1 : SCHEMA TYPE D'UNE FONDATION 9

SOMMAIRE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : CARACTERISTIQUES ET GABARITS DES AEROGENERATEURS ENVISAGES POUR LE PARC EOLIEN DE SAINT-OULPH ET ETRELLES-SUR-AUBE 8
TABLEAU 2 : COORDONNEES DES EQUIPEMENTS DU PROJET EOLIEN DE SAINT-OULPH ET ETRELLES-SUR-AUBE (SOURCE : JPEE ENVIRONNEMENT) 8
TABLEAU 3 : TABLEAU DE SYNTHESE DES SCENARIOS ETUDIES 18
TABLEAU 4 : MATRICE D'ACCEPTABILITE DES SCENARIOS ETUDIES 19

inddigo

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale

Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube (Aube, 10)

Communes de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

PIÈCE 6B : ÉTUDE DE DANGERS



Maître d'Ouvrage : SAINT OULPH ETRELLES ENERGIE

Décembre 2024

Agence :
INDDIGO
7, avenue du Général Sarrail
31290 Villefranche-de-Lauragais - France
Tél. : 05 61 81 69 00

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 PREAMBULE ET METHODES 5

1.1 Objectifs de l'étude de dangers 7
1.2 Contexte législatif et règlementaire 7
1.3 Nomenclature des installations classées 7
1.4 Document guide pour l'élaboration de l'étude de dangers 8

2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION 9

2.1 Localisation du site 11
2.2 Définition de la zone d'étude 12

3 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION 14

3.1 Environnement humain 16
3.2 Environnement naturel 19
3.3 Environnement matériel 22
3.4 Cartographie de synthèse 24

4 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION ET DES PROCEDES DE FABRICATION . 38

4.1 Caractéristiques d'un parc éolien 40
4.2 Caractéristiques du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube 41
4.3 Fonctionnement d'une éolienne 43
4.4 Aires de levage 46
4.5 Chemins d'accès 46
4.6 Durée de vie et démantèlement 46
4.7 Fonctionnement des réseaux de l'installation 46
4.8 La maintenance 50
4.9 Démantèlement et remise en état du site 51
4.10 Dispositions constructives 51

5 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION 55

5.1 Potentiels de dangers liés aux produits 57
5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation 57
5.3 Réduction des potentiels de dangers à la sourceSain 58

6 ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE 61

6.1 Inventaire des accidents et incidents en France 63
6.2 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expériences 68

7 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES 70

7.1 Objectif de l'Analyse Préliminaire des Risques 72
7.2 Recensement des évènements initiateurs exclus de l'analyse des risques 72
7.3 Recensement des agressions externes potentielles 72
7.4 Scénarios étudiés dans l'Analyse Préliminaire des Risques 73
7.5 Effets dominos 79
7.6 Mise en place des mesures de sécurité 79
7.7 Conclusion de l'Analyse Préliminaire des Risques 83

8 ÉTUDE DETAILLEE DES RISQUES 85

8.1 Rappel des définitions 87
8.2 Caractérisation des scénarios retenus 88
8.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques 97

9 CONCLUSION 113

10 ANNEXES 117

10.1 Schémas unifilaires de l'installation électrique 119
10.2 Retours de consultation des gestionnaires d'ouvrage 123
10.3 Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne 127
10.4 Tableau de l'accidentologie française 129
10.5 Scénarios génériques issus de l'Analyse Préliminaire des Risques 147
10.6 Probabilité d'atteinte et risque individuel 158
10.7 Glossaire 158
10.8 Bibliographie et références utilisées 159

inddigo

1 PREAMBULE ET METHODES

1.1 Objectifs de l'étude de dangers 7
1.2 Contexte législatif et règlementaire 7
1.3 Nomenclature des installations classées 7
1.4 Document guide pour l'élaboration de l'étude de dangers 8

1.1 Objectifs de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société SAINT-OULPH ETRELLES ENERGIE pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, 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 12 aérogénérateurs.

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

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, 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, etc.), à un système technique (mise sous pression d'un gaz, etc.), 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 règlementaire

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 termes de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection ;
- représentation cartographique ;
- résumé non technique de l'étude de dangers.

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 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube 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 Energies 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**.

Un second guide, publié en octobre 2022 et validé par l'INERIS est venu compléter le précédent.

L'étude de dangers du projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube 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 de mai 2012 et du deuxième guide paru en octobre 2022 et validé par l'INERIS.

2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

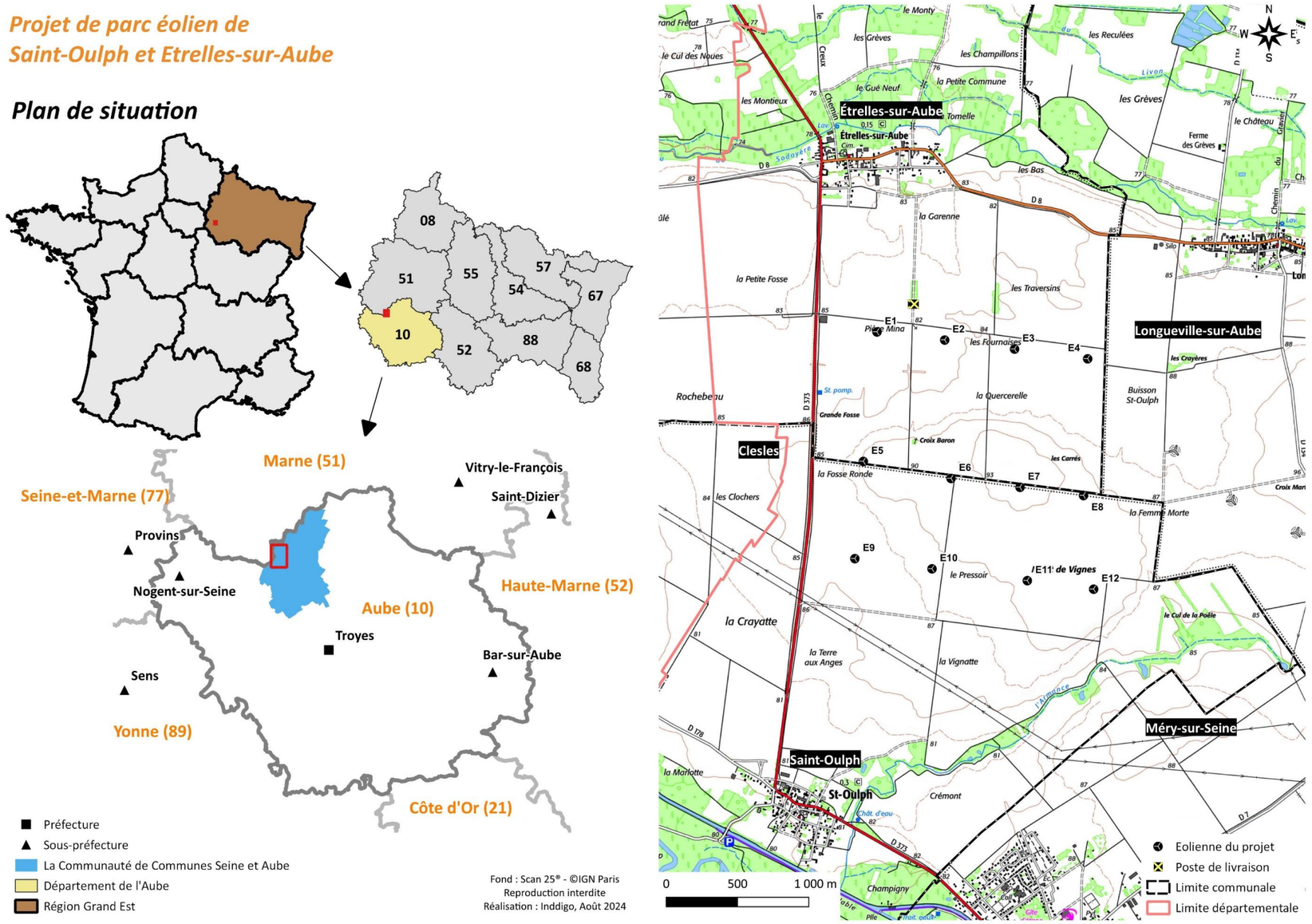
2.1 Localisation du site 11
2.2 Définition de la zone d'étude 12

Le présent projet éolien consiste en l'implantation de 12 aérogénérateurs sur le territoire des communes de Saint-Oulph et d'Etrelles-sur-Aube, dans le département de l'Aube (10) en région Grand-Est.

Les éoliennes équipant ce parc auront une puissance unitaire nominale de 4,5 MW.

La carte ci-après permet de situer les éoliennes du parc de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube à différentes échelles : nationale, régionale, départementale et communale.

2.1 Localisation du site



Carte 1 : Plan de situation du projet de parc éolien de Saint-Oulph et d'Etrelles-sur-Aube

Les douze aérogénérateurs du parc s'organisent selon trois alignements orientés ouest/est. L'éolienne E1 est la plus au nord.

Les distances entre éoliennes successives de mât à mât sont détaillées ci-après :

- E1 – E2 : 478 m ;
- E2 – E3 : 494 m ;
- E3 – E4 : 517 m ;
- E4 – E5 : 1 729 m ;
- E5 – E6 : 626 m ;
- E6 – E7 : 487 m ;
- E7 – E8 : 449 m ;
- E8 – E9 : 1 663 m ;
- E9 – 10 : 546 m ;
- E10 – E11 : 673 m ;
- E11 – E12 : 469 m.

L'écart moyen entre chaque machine est de 739 m. Cet espacement correspond à 4,5 fois le diamètre du rotor (163 m).

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques de ces équipements (référentiel Lambert 93).

Tableau 1 : Coordonnées des équipements du projet éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube (Source : JPEE)

	Coordonnées géographiques des éoliennes et des postes de livraison (Lambert 93)					
Équipements	X	Y	Z (altitude du terrain en mètres)	Parcelle		Commune d'implantation
				Section	Numéro	
Éolienne 1 (E1)	764601	6828037	81	ZO	10	Etrelles-sur-Aube
Éolienne 2 (E2)	765076	6827980	84	ZR	28	
Éolienne 3 (E3)	765566	6827917	85	ZR	9	
Éolienne 4 (E4)	766079	6827849	85	ZR	23	
Éolienne 5 (E5)	764506	6827131	89	ZO	15	
Éolienne 6 (E6)	765121	6827012	92	ZL	28	Saint-Oulph
Éolienne 7 (E7)	765604	6826950	97	ZM	3	
Éolienne 8 (E8)	766049	6826893	92	ZM	6	
Éolienne 9 (E9)	764446	6826451	86	ZL	15	
Éolienne 10 (E10)	764987	6826380	88	ZL	15	
Éolienne 11 (E11)	765655	6826297	91	ZM	6	
Éolienne 12 (E12)	766120	6826237	93	ZM	7	
Poste de livraison 1 (PDL 1)	764847	6828234	82	ZO	9	Etrelles-sur-Aube
Poste de livraison 2 (PDL 2)	764847	6828228	82	ZO	9	
Poste de livraison 3 (PDL 3)	764864	6828233	82	ZP	1	
Poste de livraison 4 (PDL 4)	764864	6828227	82	ZP	1	

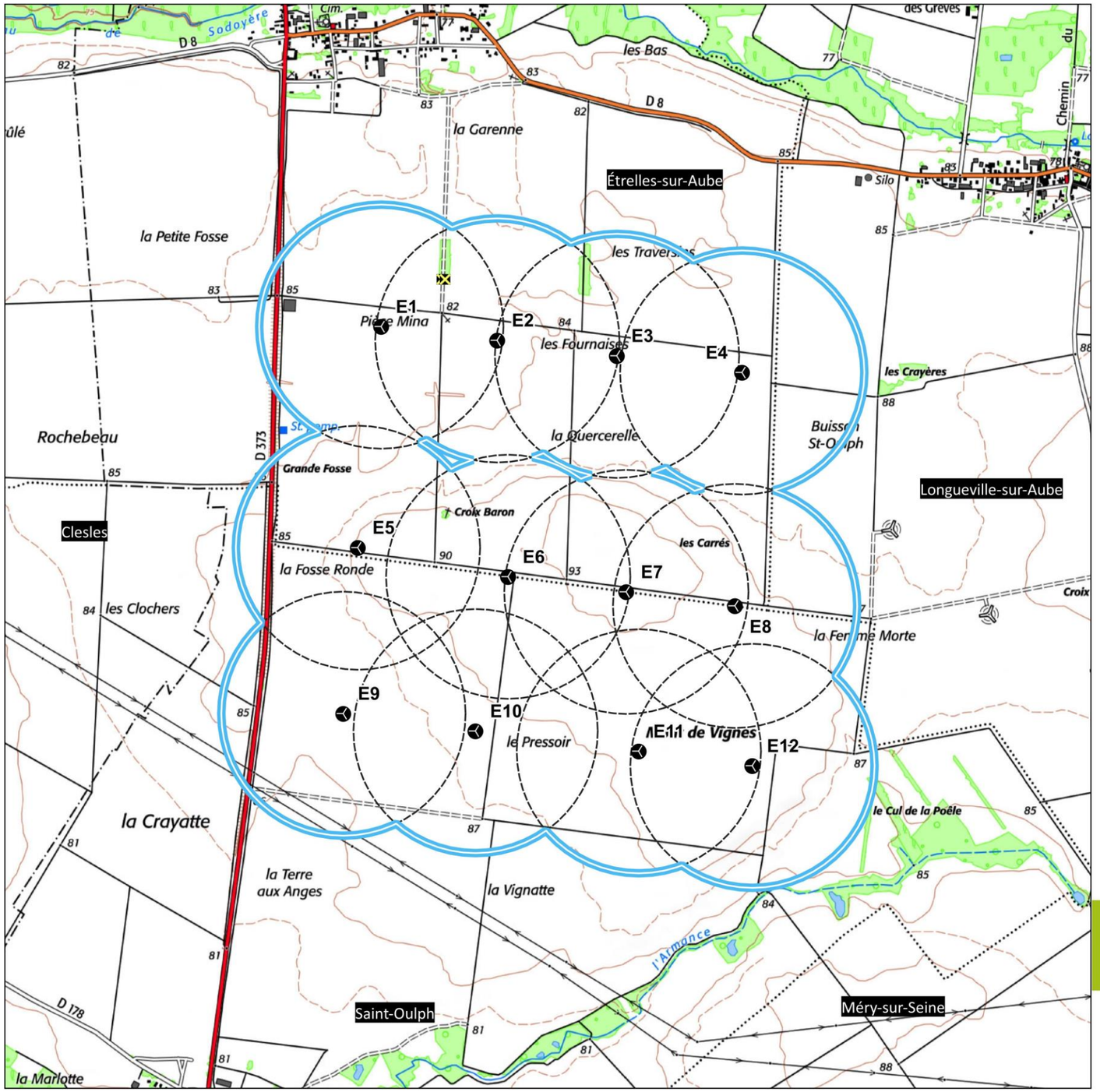
2.2 Définition de la zone d'étude

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 12 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 (ZED)** qui s'inscrit sur les territoires communaux d'Etrelles-sur-Aube, de Longeville-sur-Aube et de Saint-Oulph.

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**.

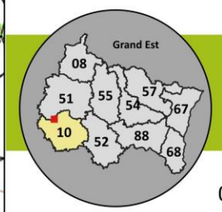


Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Zone d'étude des dangers

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



Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Septembre 2024

0 250 500 m

N W E S

Carte 2 : Zone d'étude des dangers des éoliennes de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

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 16
3.1.1 Zones urbanisées 16
3.1.2 Établissements Recevant du Public (ERP) 16
3.1.3 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et Installations Nucléaires de Base (INB) 17
3.1.4 Autres activités 17
3.1.5 Risques technologiques 18
3.2 Environnement naturel 19
3.2.1 Contexte climatique 19
3.2.2 Risques naturels 20
3.3 Environnement matériel 22
3.3.1 Voies de communication 22
3.3.2 Circulation aérienne 23
3.3.3 Réseaux et canalisations 23
3.4 Cartographie de synthèse 24

inddigo

3.1 Environnement humain

Le site s'insère dans un contexte agricole où les cultures, bordées par des chemins d'exploitation, occupent la majorité du territoire. La partie ouest de la zone d'étude des dangers est traversée sur un axe nord-sud par la D373.Il s'agit de l'unique route interceptée par la zone d'étude des dangers.

3.1.1 Zones urbanisées

Le projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube se situe dans un environnement dépourvu d'habitations, lesquelles sont concentrées dans les centre-bourg des communes de Longueville-sur-Aube, Etrelles-sur-Aube et Saint-Oulph.

La zone d'étude des dangers intercepte les territoires des communes précitées. L'occupation du sol de ces communes est régie par :

- les Règles applicables sur l'ensemble du territoire (incluant le Règlement National d'Urbanisme (RNU)) pour les communes d'Etrelles-sur-Aube et de Longueville-sur-Aube ;
- par une Carte Communale pour la commune de Saint-Oulph.

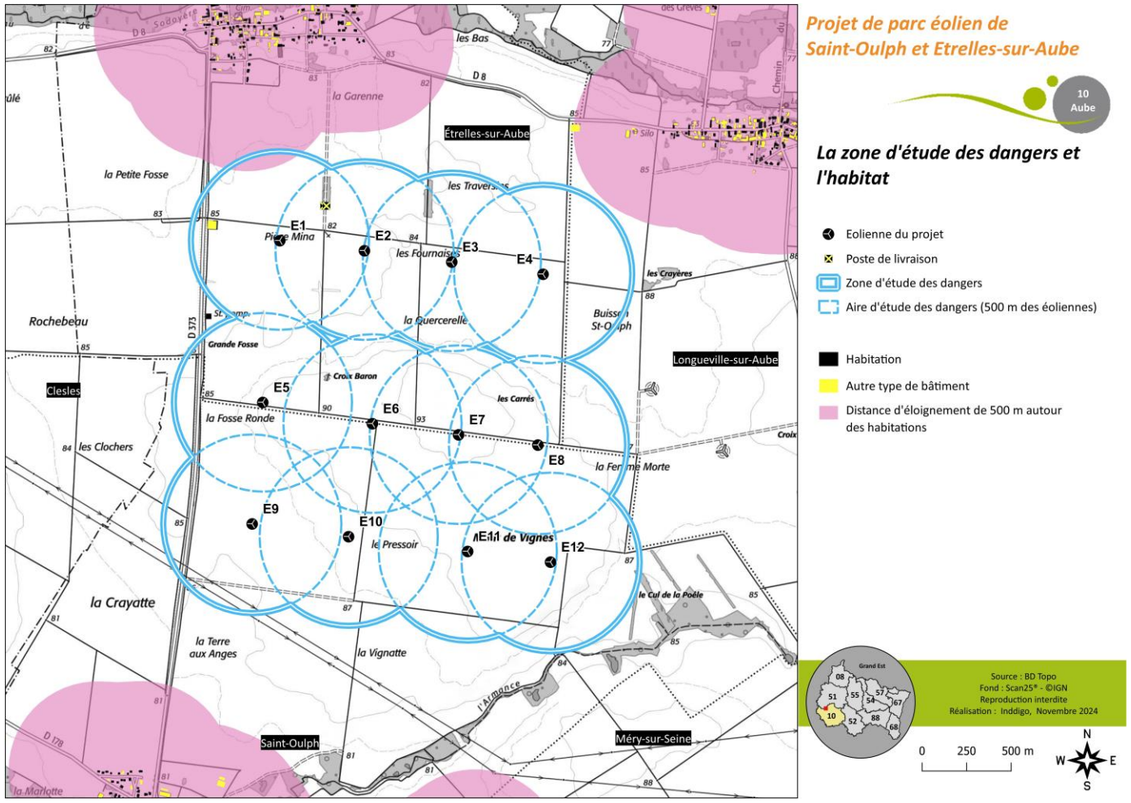
Le tableau ci-après présente, pour les trois communes précitées, les distances séparant les éoliennes (mât) en projet des plus proches habitations identifiées et des zones d'habitation définies par les documents d'urbanisme à proximité.

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

Commune	Population (habitants en 2023)	Règlement/Document régissant l'occupation du sol	Zone d'habitation ou habitation la plus proche
Saint-Oulph	318	Carte communale	Habitation et zone constructible à 1 522 m au sud d'E9
Longueville-sur-Aube	129	Règles applicables sur l'ensemble du territoire	Habitation à 1 042 m au nord-est d'E4
Etrelles-sur-Aube	156	Règles applicables sur l'ensemble du territoire	Habitation à 905 m au nord d'E1

Les éoliennes du projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube se situent *a minima* à 905 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, **les habitations ne sont pas considérées comme enjeu à protéger**.



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.143-2 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).

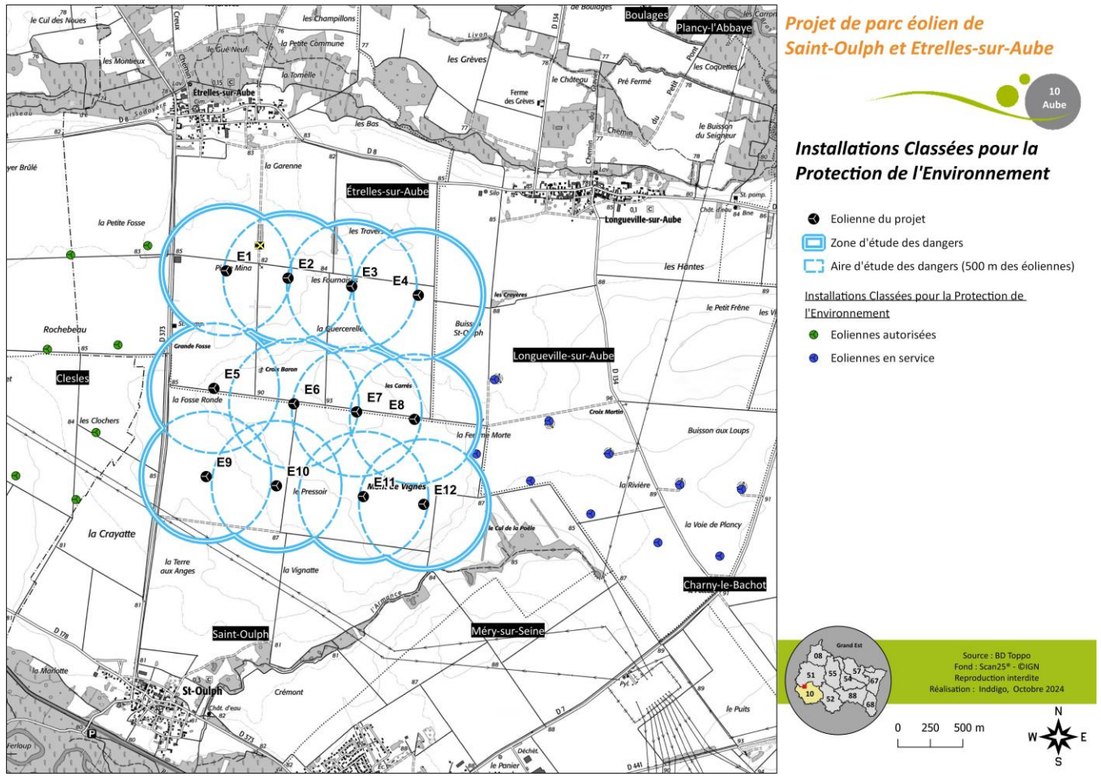
La majorité des établissements recensés sur le territoire des communes concernées par la zone d'étude des dangers se situe en centres-bourgs (mairies, églises, commerces, gites, etc.). Aucun ERP n'est présent au sein de la zone d'étude des dangers.

Aucun Établissement Recevant du Public n'est recensé au sein de la zone d'étude des dangers. Les ERP ne constituent ni 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 situé à 545 m, à l'est de l'éolienne E8. Il s'agit de l'éolienne correspondant à l'extension du parc de Longueville-sur-Aube. A l'ouest, à 635 m de l'éolienne E1, une ICPE (parc éolien) a été autorisée. Il s'agit du parc éolien de Rochebeau.

À noter qu'aucune ICPE SEVESO n'est présente au sein ou à proximité de la zone d'étude des dangers.



Carte 4 : installations classées pour la protection de l'environnement recensées à proximité de la ZED

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**. La plus proche est éloignée de près de 25 km à l'ouest (Centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine).

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. Ces établissements ne représentent donc pas une source de dangers potentielle pour le parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

3.1.4 Autres activités

La zone d'étude des dangers s'insère dans **un milieu agricole**. Le registre parcellaire graphique recensant les ilots référencés à la politique agricole commune nous renseigne sur la nature des cultures, lesquelles sont tournées principalement vers le tournesol, le maïs et d'autres cultures industrielles. Différents chemins d'exploitation permettent d'accéder à ces parcelles (Cf. 3.3.1). Seule la D373 constitue une route à part entière.

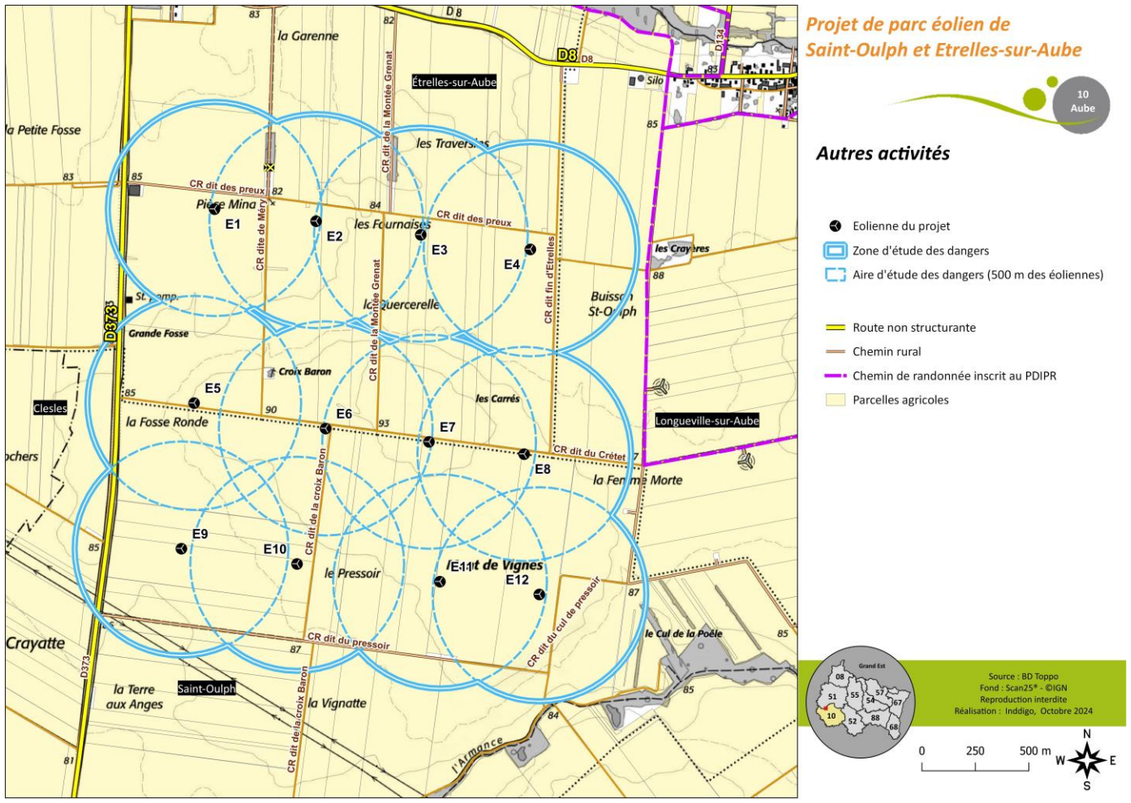
Un chemin inscrit au Plan Départemental des Itinéraires de Randonnée Pédestre traverse le territoire à 560 m au plus proche des éoliennes. Il n'est donc pas considéré puisque situé hors de la zone d'étude de dangers.

À noter par ailleurs que les terrains agricoles 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.

Ils constituent un enjeu à protéger en cas d'accident survenant sur les installations de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube. Les activités recensées ne sont par contre pas de nature à représenter un risque pour l'installation.



Carte 5 : Autres activités recensées sur le site

3.1.5 Risques technologiques

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

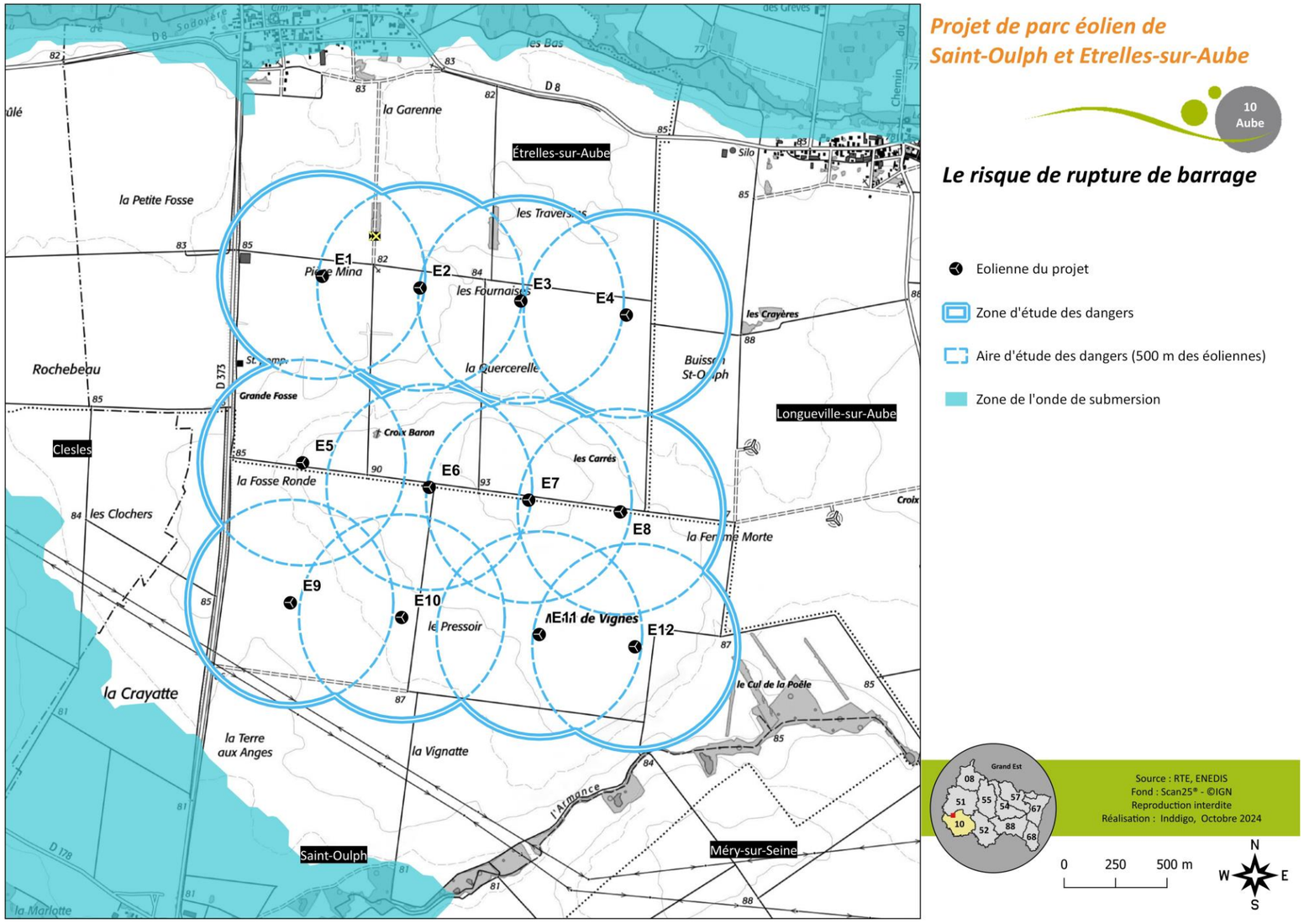
La consultation du Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) de l'Aube et de la base de données Géorisques met en évidence l'absence de risques technologiques sur le territoire des communes de la zone d'études des dangers.
Les communes d'Etrelles-sur-Aube et de Longueville-sur-Aube sont concernées par le risque de rupture submersion en cas de rupture de barrage du :

- Lac de réservoir Seine ou autrement nommé « Lac d'Orient » ;
- Lac réservoir Aube autrement nommé « lacs d'Amance et du Temple » ;
- Lac réservoir Marne autrement nommé « lac du Der-Chantecoq.

La commune de Saint-Oulph est quant à elle, concernée par ce même risque pour le lac réservoir Seine. Il s'agit d'une retenue d'eau en dérivation du fleuve de la Seine, située dans le département de l'Aube, à l'est de Troyes comprenant 3 barrages de fermeture.

L'onde de submersion associé au risque de rupture de barrage sur l'Aube est située à environ 360 m au nord de la zone d'étude des dangers tandis que le risque au niveau de la Seine est situé à 280 m de la ZED, au sud.

Pour l'ensemble de ces barrages, le principal risque réside dans l'hypothèse, extrêmement peu probable, d'une rupture progressive de barrage. En effet, la conception et la configuration de ces ouvrages écartent, a priori, toute hypothèse de rupture accidentelle brutale. Les études de dangers relatives à chaque ouvrage ont permis de modéliser les zones touchées par l'onde de submersion, ainsi que les délais d'arrivée de ces ondes, en cas de rupture de barrage.



Carte 6 : le risque de rupture de barrage

Les risques technologiques ne sont pas retenus comme agresseurs potentiels pour les installations du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

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 à une hauteur de 10 m. 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 le 1 février 2023 permettent à la société SAINT OULPH ETRELLES ENERGIE d’avoir une connaissance fine du potentiel éolien local. La vitesse moyenne du vent à 100 m s’élève à 6,19 m/s.

Concernant les vents extrêmes, les données récoltées par la station Météo-France de Troyes-Barberey située à environ 23 km au sud-est de la zone d’étude des dangers, à une altitude de 112 m 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 1981 – 2024). 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 1981 – 2024 (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.	Nombre total
Nombre de jours avec rafales ≥ 16 m/s	6,1	5,8	4,9	2,9	2,7	2	2,8	2,4	2,4	3	3,6	5,7	**44,1**
Nombre de jours avec rafales ≥ 28 m/s	0,2	0,3	0	-	-	-	0,1	0,1	-	-	0	0,3	**1**
Rafale maximale de vent (m/s)	32,5	36	30	27	26,4	32	33	36	26	30,1	30	41	-

Il apparait à la lecture de ce tableau que des vents dépassant les 85 km/h (23 m/s) à 10 m de hauteur balaient ponctuellement le site. La plus forte rafale enregistrée s’élevait à 41 m/s.

Compte tenu de la présence de vents soufflant à des vitesses supérieures à 23 m/s à hauteur de rotor, le vent est retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

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 Troyes-Barberey, représentative du climat du site. Il détaille les valeurs moyennes mesurées sur la période 1981 – 2020, le nombre de jours moyens avec des températures minimales négatives (1981 – 2020) ainsi que les températures les plus basses relevées entre mai 1984 et mars 2005 (valeurs en °C).

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

Températures	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Température minimale moyenne (°C)	0,5	0,3	2,2	4,2	8,1	11,3	13,4	13,2	9,8	7,2	3,5	1,3
Nombre de jours avec température mini. < 0°C	13,5	13,3	10,3	4,6	0,2	-	-	-	0	2	6,2	11,8
Température la plus basse (°C)	-23	-17,6	-15,4	-6,2	-2	0,4	3,1	3	-0,4	-7	-11,1	-18

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 à mars. Par ailleurs, des températures négatives - parfois extrêmes (jusqu’à -17,6 °C recensés en février 1986) - peuvent être relevées tout au long de l’année, hors mois de juin et juillet.

Au vu des éléments précités, les épisodes de gel associés à la formation de glace sont retenus comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

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 lourd ;
- 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 1981 et 2020 pour les hauteurs mensuelles moyennes et sur la période du 01/05/1975 au 02/10/2024 pour les hauteurs quotidiennes maximales (valeurs en millimètres). Elles proviennent de la station météorologique de Troyes-Barberey située à environ 23 km au sud-est de la zone d'étude des dangers, à une altitude de 112 m et représentative du climat du site d'étude.

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

Pluviométrie	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Hauteur mensuelle moyenne (mm)	48,2	44,2	45,9	48,3	64,9	52,4	56,4	53,9	52,4	63,8	55,3	58,9	**644,6**
Maxi quotidien absolu (mm)	32,2	30	28,4	26,2	35,5	50,6	39,8	55,8	39,8	44	50,9	32	-

Chaque année, il tombe en moyenne près de 644,6 mm de pluie à la station de Troyes-Barberey. **Ce résultat est inférieur à la moyenne nationale métropolitaine** qui s'élève à 889 mm. Concernant les évènements exceptionnels, la pluviométrie maximale enregistrée sur 24 heures a été de 55,8 mm ; elle correspond à un fort épisode orageux survenu en août 1997.

3.2.1.3.2 Neige

Aucune station météorologique présente à proximité du site ne dispose de données de mesures sur l'enneigement. Néanmoins, au vu des données de températures et de la localisation du projet (secteur de plaine), **il est possible de considérer l'enneigement comme peu important sur le secteur**.

3.2.1.3.3 Grêle

À l'instar de la neige, aucune donnée sur les chutes de grêle n'est disponible à proximité du projet. Par précaution cet évènement sera pris en compte sur le site.

Les précipitations sont retenues comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, en particulier pour les évènements pluvieux.

3.2.1.4 Brouillard

Comme indiqué précédemment, le manque de visibilité causé par le brouillard peut avoir comme conséquence indirecte la collision de véhicules ou d'aéronefs contre les éoliennes.

Ici encore, l'importance du phénomène sur le secteur ne peut être caractérisée compte tenu de l'absence de suivi météorologique de ce paramètre à proximité. Par précaution ce phénomène sera pris en compte sur le site.

Le brouillard est retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

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 séismes[1] :

- 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 concernées par la zone d'étude des dangers se situent en zone de sismicité très (zone 1).

Compte tenu du niveau sismique très faible, le risque sismique n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

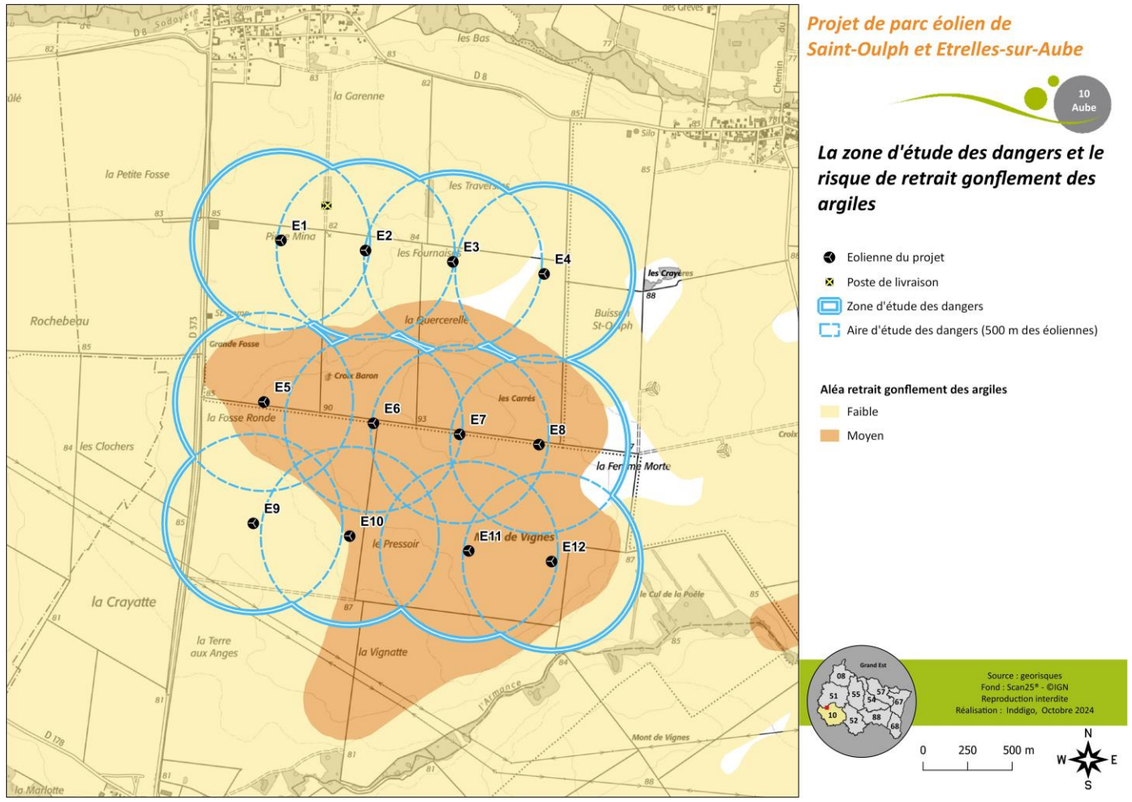
3.2.2.2 Mouvements de terrains

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) de l'Aube et dans la base de données en ligne Géorisques, les territoires de Longueville-sur-Aube, de Saint-Oulph et d'Etrelles-sur-Aube sont concernés par le risque de mouvements de terrains associés au phénomène de retrait et de gonflement des argiles. Comme le fait figurer la carte ci-après, au sein de la zone d'étude des dangers, l'aléa retrait et gonflement des argiles est d'aléa 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.



Carte 7 : L'aléa retrait-gonflement des argiles au droit de la zone d'étude des dangers

Enfin, il est à noter qu'aucune cavité souterraine n'est identifiée sur le territoire de la zone d'étude des dangers. L'entité connue la plus proche est un gouffre situé à 1,7 km au sud du site.

Le risque de mouvements de terrains est retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, en particulier au regard de l'aléa retrait-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 comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

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 de l'Aube, le département est concerné par le risque de tempête.

Ainsi, compte tenu de la présence du risque tempête identifié à l'échelle du département de l'Aube, les tempêtes sont retenues comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

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 de l'Aube 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 Longueville-sur-Aube, d'Etrelles-sur-Aube et de Saint-Oulph. 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 source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

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 n'est pas concernée par les inondations par débordement de leur lit mineur.

3.2.2.6.2 Remontée de nappes

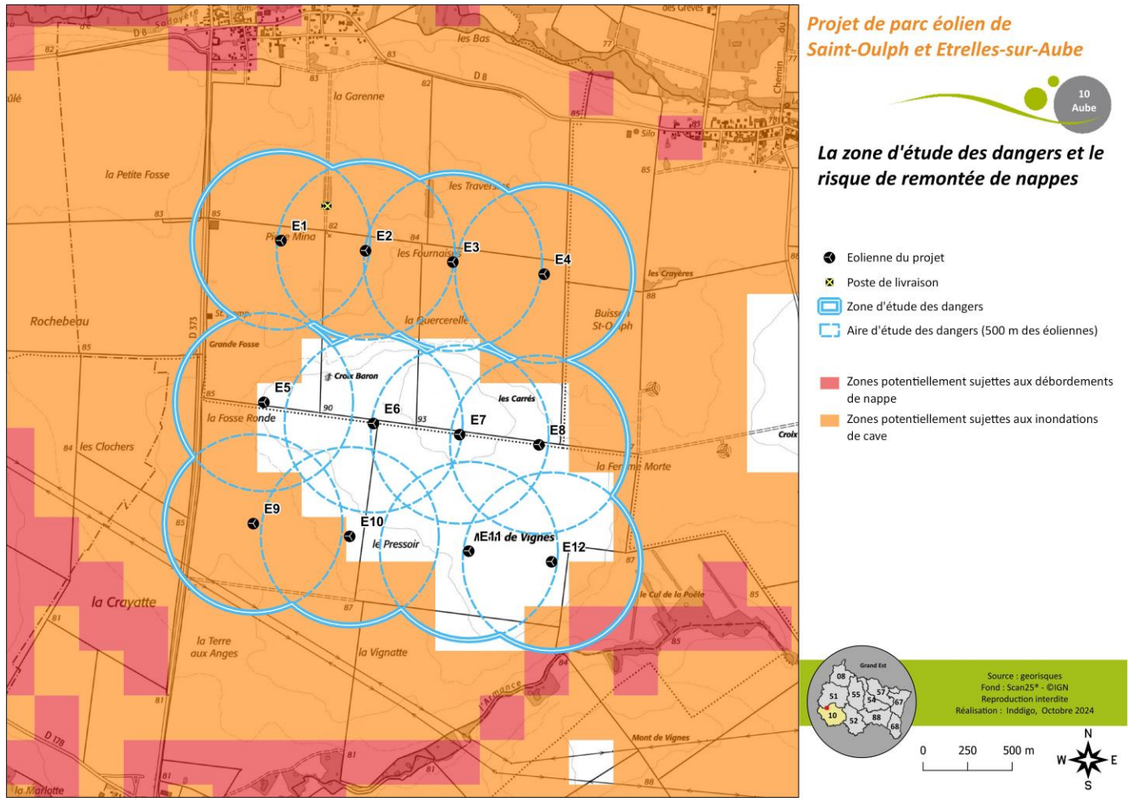
La base de données Géorisques a été consultée afin de vérifier s'il existait un aléa remontée de nappes sur la zone d'étude des dangers du projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

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

- non soumises aux débordements de nappes ni aux inondations de caves (centre de la ZED) ;
- potentiellement sujettes aux inondations de caves (partie nord essentiellement) ;

- potentiellement sujettes aux débordements de nappes (extrême sud-est).

A noter que les éoliennes E5 à E8 et E10 à E12 ne sont pas concernées par ce phénomène.



Carte 8 : le risque de remontée de nappes au droit de la zone d'étude des dangers

Le risque d'inondation par crue n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube 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

Seule une route départementale traverse la zone d'étude des dangers. Il s'agit de la D373 évoluant sur sa partie ouest. Le tronçon intercepté au niveau des zones d'étude de dangers des éoliennes E1, E5 et E9 s'étend sur 2 195 m.

Les comptages routiers effectués par le département sont présentés ci-après :

Point de comptage

Numéro	C22.171
Localisation	10 D0373 PR001+0642
Type de route	Bidirectionnelle
Commune (auto)	ETRELLES-SUR-AUBE
Appellation	TEMPORAIRE

Comptage

Sens 1		Sens 2		Sens cumulé	
TMJ	675	TMJ	656	TMJ	1 331
PL	70	PL	101	PL	171
% PL	10.37 %	% PL	15.40 %	% PL	12.85 %
V moy.	49 km/h	V moy.	49 km/h	V moy.	49 km/h
V85	58 km/h	V85	59 km/h	V85	59 km/h

Informations générales

Date début	14/10/2022
Date fin	20/10/2022

Figure 1 : comptages routiers effectués sur la D373

Le trafic moyen journalier annuel (TMJA) sur cet axe est de 1 331 véhicules/jour (comptages effectués entre le 14/10/2022 et le 20/10/2022).

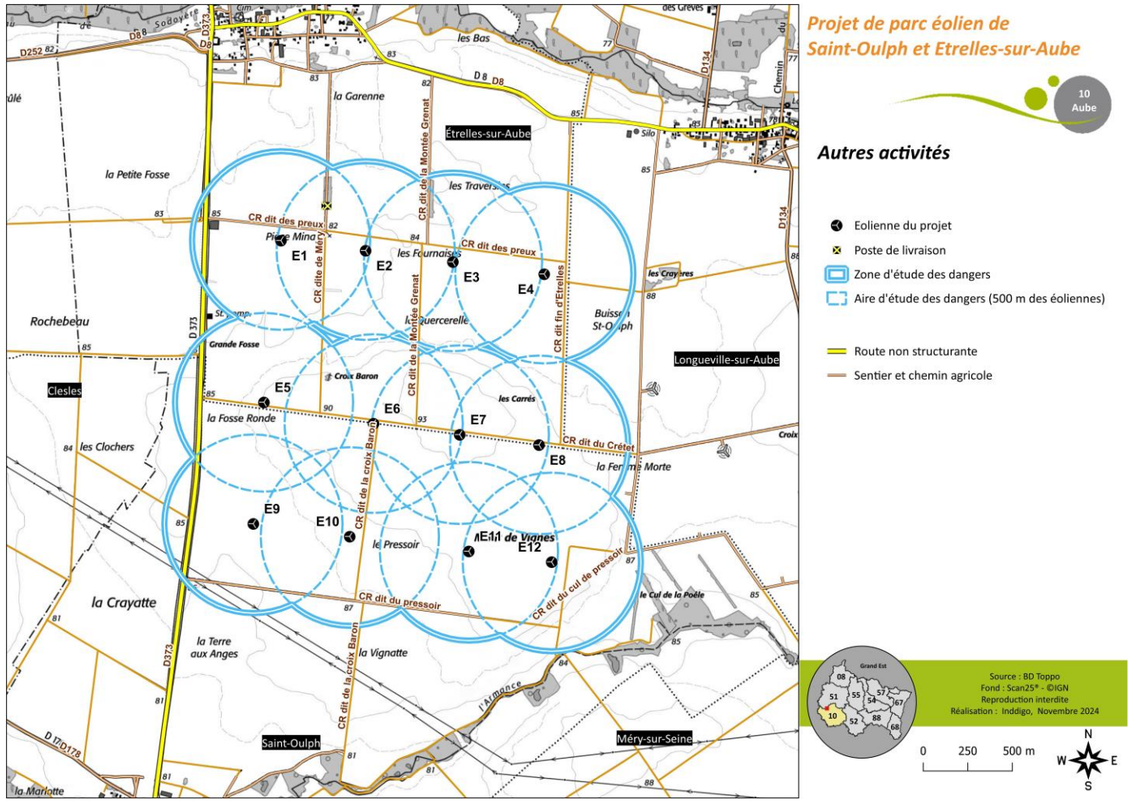
Conformément aux dispositions du chapitre 7.3.1 du présent dossier, les voies de circulation implantées à moins de 200 m d'une éolienne constituent « un agresseur potentiel ». Compte tenu de la distance minimale séparant ces voies de l'aérogénérateur le plus proche (338 m d'E9 pour la D373), le risque de collision d'une tour d'éolienne suite à une sortie de route est exclu.

Autres routes

La zone d'étude des dangers est concernée par un maillage de chemins ruraux destinées à la desserte des parcelles agricoles et boisées du secteur (Cf. carte suivante). Plusieurs de ces axes se situent à moins de 200 m des aérogénérateurs. Ils peuvent donc constituer un agresseur potentiel en cas de sortie de route.

Autres infrastructures de transport

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



Carte 9 : Voies de communication identifiées au droit de la zone d'étude des dangers

Les voies de communication sont retenues comme sources potentielles de dangers pour les installations du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, en particulier celles présentes à moins de 200 m des aérogénérateurs.

3.3.2 Circulation aérienne

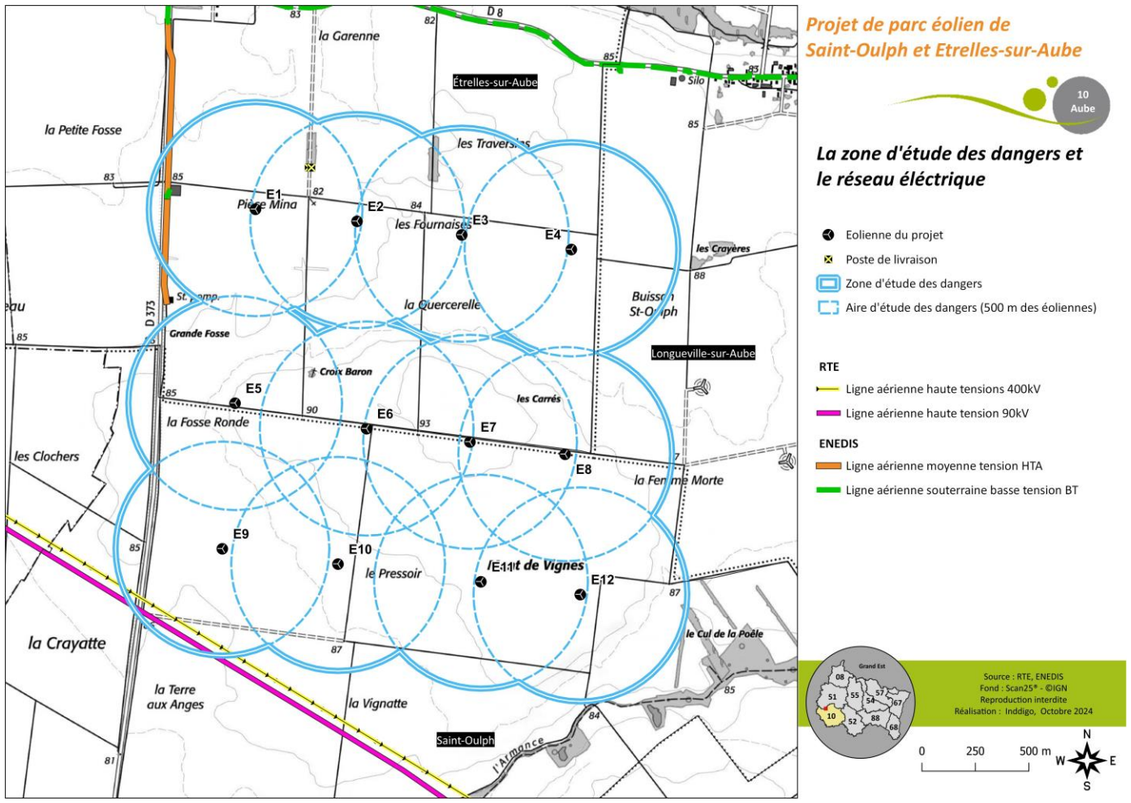
Dans le cadre de la réalisation de la présente étude de dangers, les services de l'Armée de l'air et de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC)/Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile (DSAC) ont été consultés afin d'identifier les servitudes potentiellement présentes sur le territoire 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 ; **la présence d'aéronefs à proximité des machines est donc exclue**.

L'activité aéronautique n'est pas retenue comme source potentielle de dangers pour le parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

3.3.3 Réseaux et canalisations

Une ligne à haute tension du gestionnaire RTE est identifiée au sud de la zone d'étude des dangers. Compte tenu de son éloignement vis-à-vis des installations du projet (395 m minimum), elle ne représente pas une source potentielle de danger. En effet, l'éloignement minimal préconisé par le gestionnaire est de 261 mètres (cf. courrier du 20/02/2023 disponible en annexe 10.1).



Carte 10 : réseaux électriques identifiés au sein de la zone d'étude des dangers

Compte tenu du retrait minimal observé entre le réseau électrique RTE identifiée au sein de la zone d'étude des dangers et des éoliennes en projet les plus proches, les réseaux ne sont pas retenus comme source potentielle de dangers pour le parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

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 6 : Potentiels de dangers retenus pour l'analyse préliminaire des risques pour le parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

	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 par débordement de cours d'eau	Chute de l'éolienne, courts-circuits	Non retenu
	Inondations par remontée de nappes	Chute de l'éolienne, courts-circuits	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 : RD 373, réseau de chemins ruraux). 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 terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés tels que le hangar agricole : 1 personne exposée ;
- sur les voies de communications : 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube auront une largeur de 5 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.



Carte 11 : synthèse des enjeux sur la zone d'étude des dangers

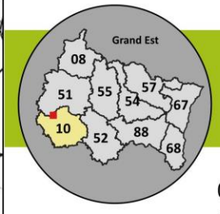
Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Synthèse des enjeux

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

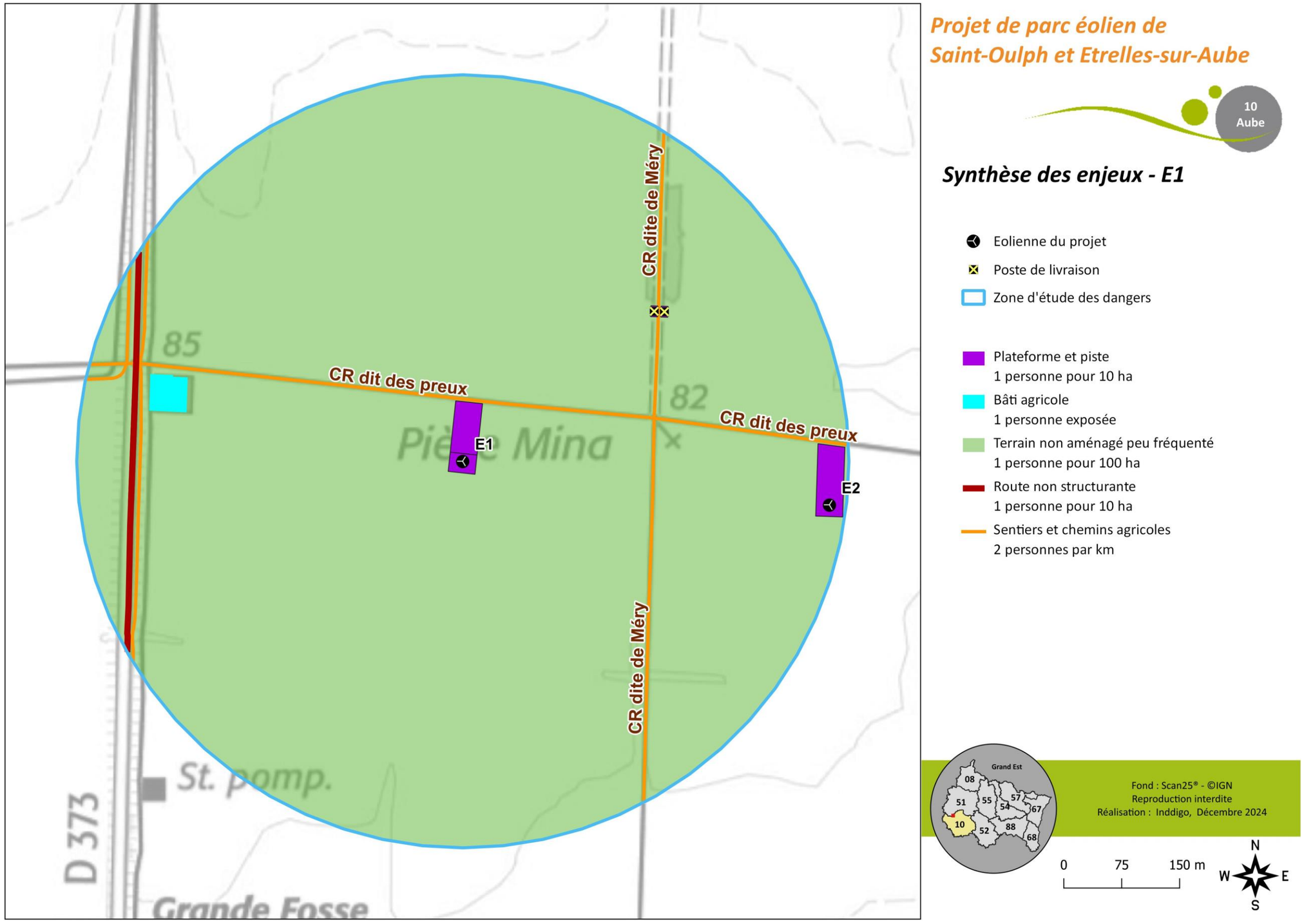
- Plateforme et piste
  1 personne pour 10 ha
- Bâti agricole
  1 personne exposée
- Terrain non aménagé peu fréquenté
  1 personne pour 100 ha
- Route non structurante
  1 personne pour 10 ha
- Sentiers et chemins agricoles
  2 personnes par km



Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Décembre 2024

0 250 500 m

N W E S



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Synthèse des enjeux - E1

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

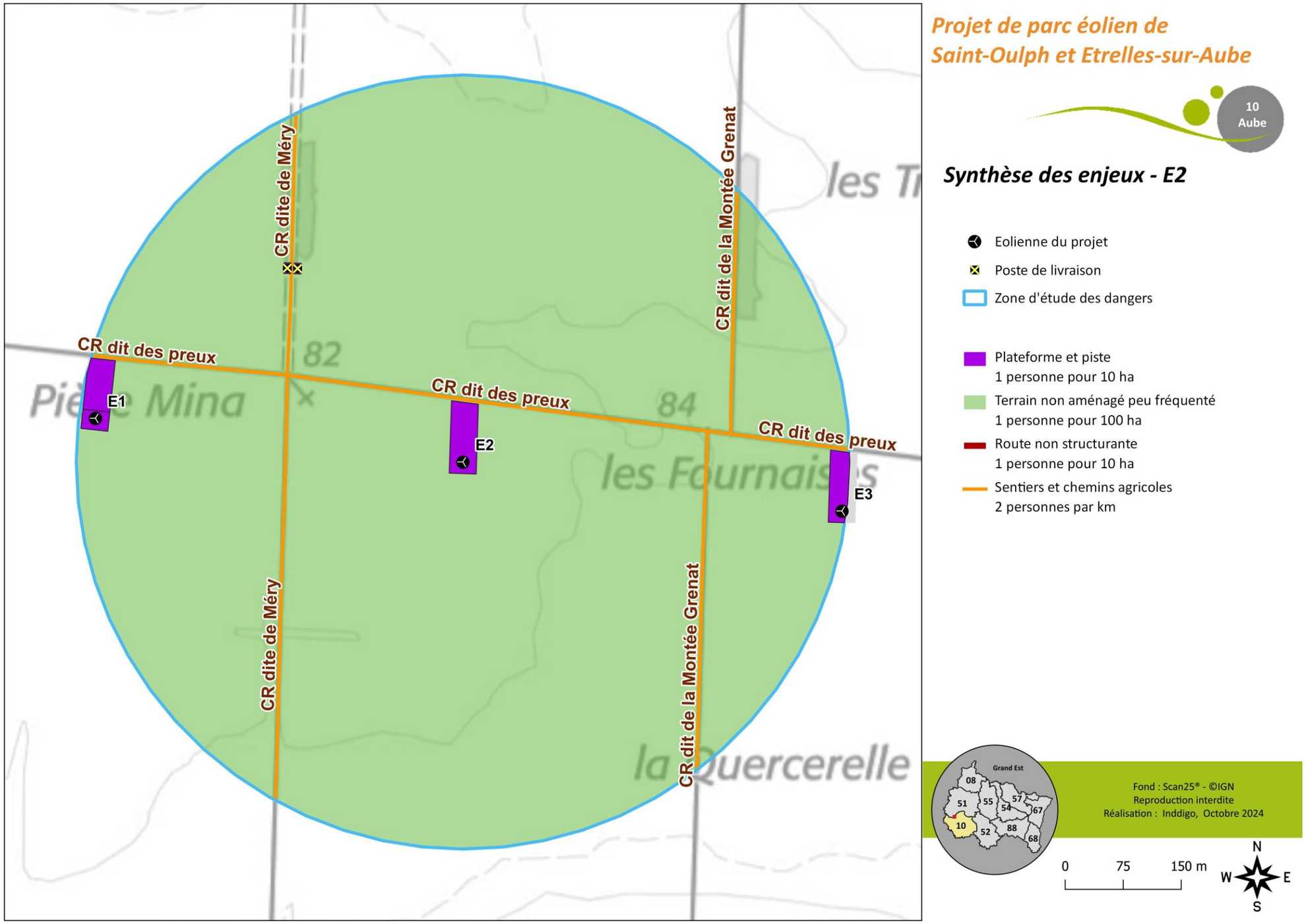
- Plateforme et piste
  1 personne pour 10 ha
- Bâti agricole
  1 personne exposée
- Terrain non aménagé peu fréquenté
  1 personne pour 100 ha
- Route non structurante
  1 personne pour 10 ha
- Sentiers et chemins agricoles
  2 personnes par km

Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Décembre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 12 ::synthèse des enjeux sur la zone d'étude des dangers d'E1



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Synthèse des enjeux - E2

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

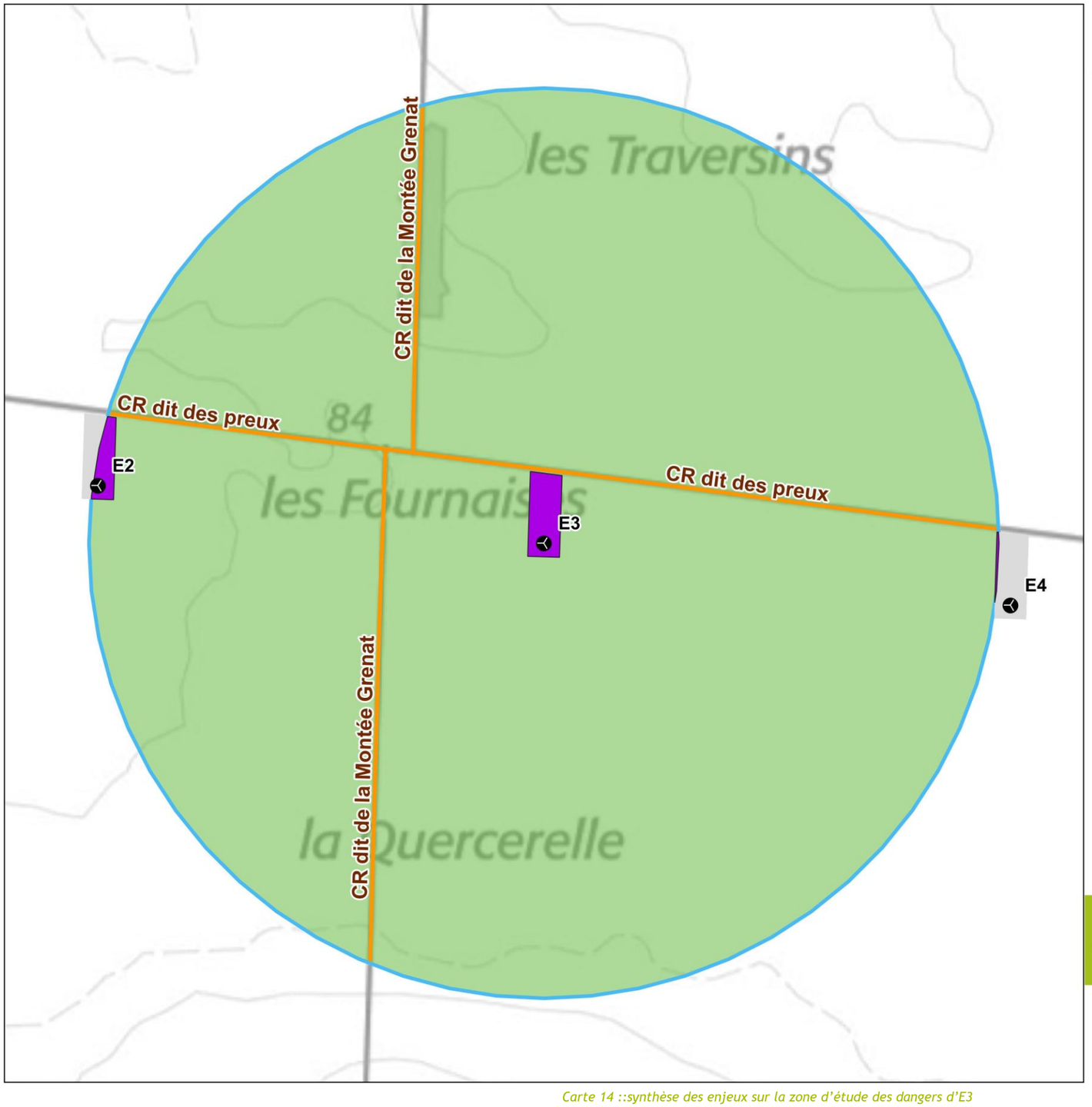
- Plateforme et piste
  1 personne pour 10 ha
- Terrain non aménagé peu fréquenté
  1 personne pour 100 ha
- Route non structurante
  1 personne pour 10 ha
- Sentiers et chemins agricoles
  2 personnes par km

Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N
W E
S

Carte 13 ::synthèse des enjeux sur la zone d'étude des dangers d'E2



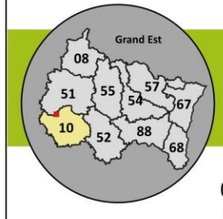
Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Synthèse des enjeux - E3

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

- Plateforme et piste
  1 personne pour 10 ha
- Terrain non aménagé peu fréquenté
  1 personne pour 100 ha
- Route non structurante
  1 personne pour 10 ha
- Sentiers et chemins agricoles
  2 personnes par km

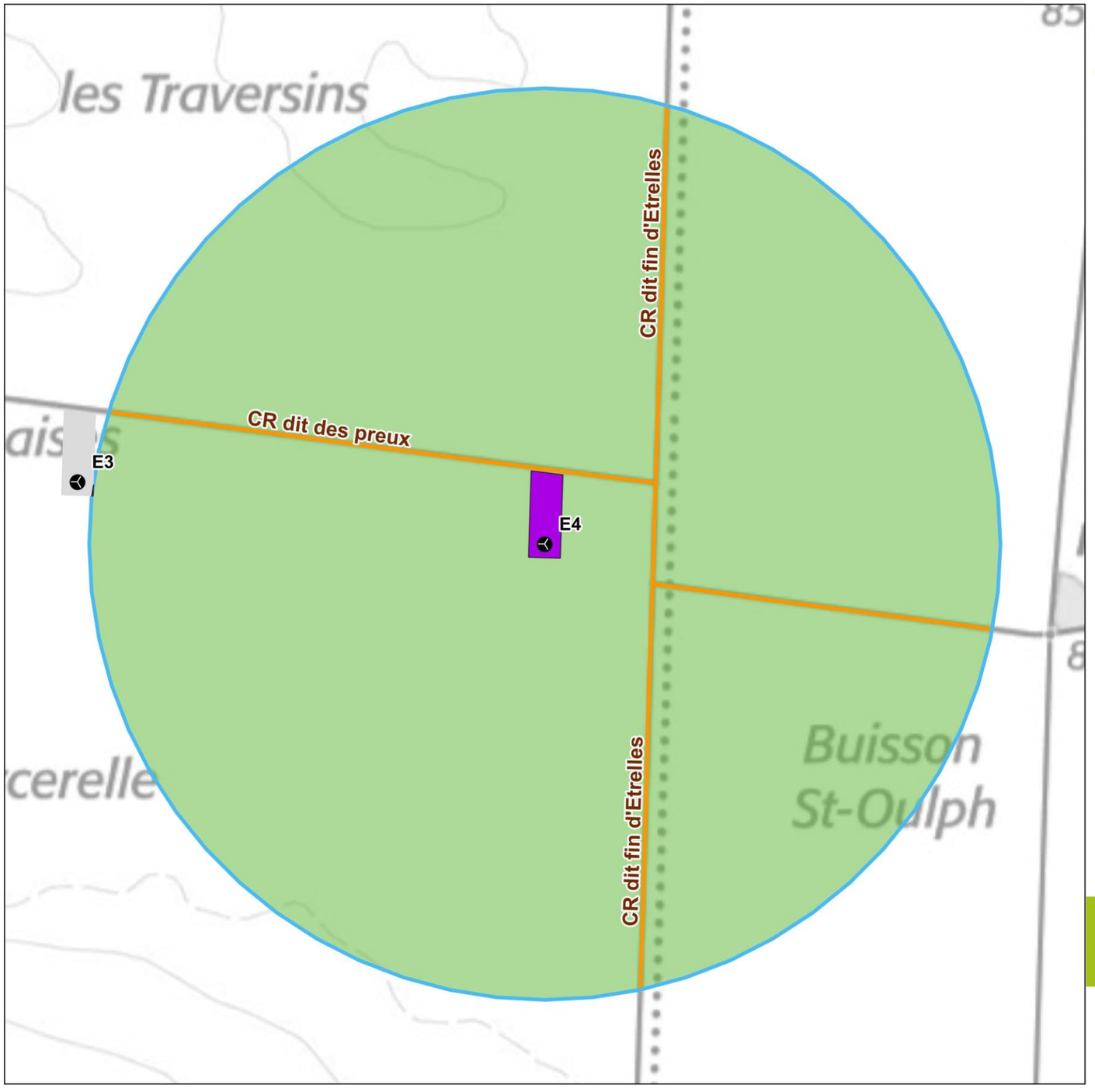


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 14 ::synthèse des enjeux sur la zone d'étude des dangers d'E3



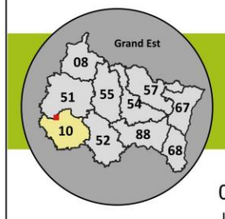
Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Synthèse des enjeux - E4

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

- Plateforme et piste
  1 personne pour 10 ha
- Terrain non aménagé peu fréquenté
  1 personne pour 100 ha
- Route non structurante
  1 personne pour 10 ha
- Sentiers et chemins agricoles
  2 personnes par km

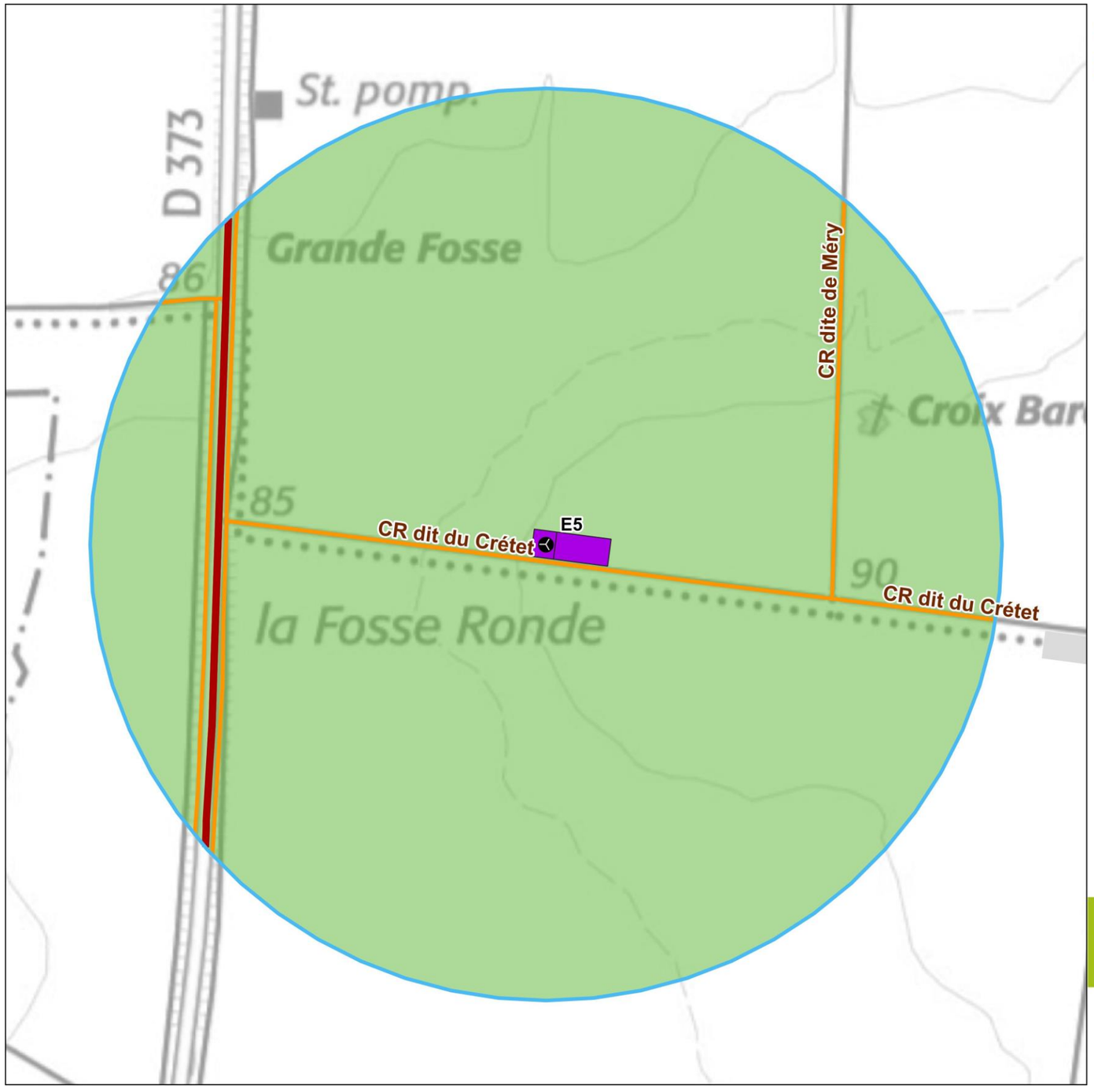


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N
W E
S

Carte 15 ::synthèse des enjeux sur la zone d'étude des dangers d'E4



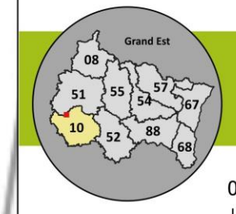
Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Synthèse des enjeux - E5

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

- Plateforme et piste
  1 personne pour 10 ha
- Terrain non aménagé peu fréquenté
  1 personne pour 100 ha
- Route non structurante
  1 personne pour 10 ha
- Sentiers et chemins agricoles
  2 personnes par km

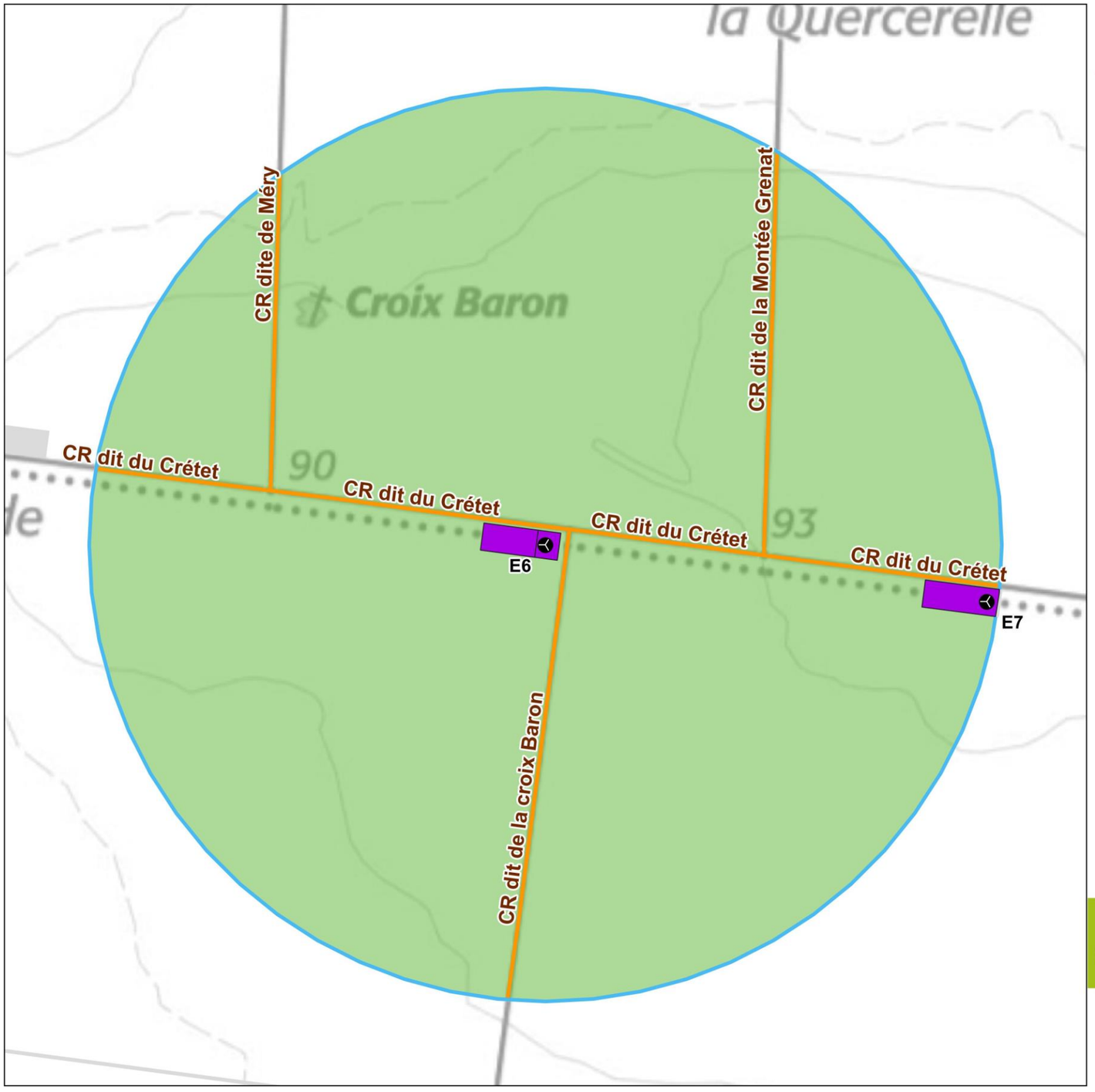


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 16 ::synthèse des enjeux sur la zone d'étude des dangers d'E5



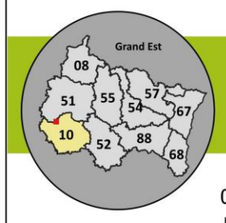
Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Synthèse des enjeux - E6

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

- Plateforme et piste
  1 personne pour 10 ha
- Terrain non aménagé peu fréquenté
  1 personne pour 100 ha
- Route non structurante
  1 personne pour 10 ha
- Sentiers et chemins agricoles
  2 personnes par km

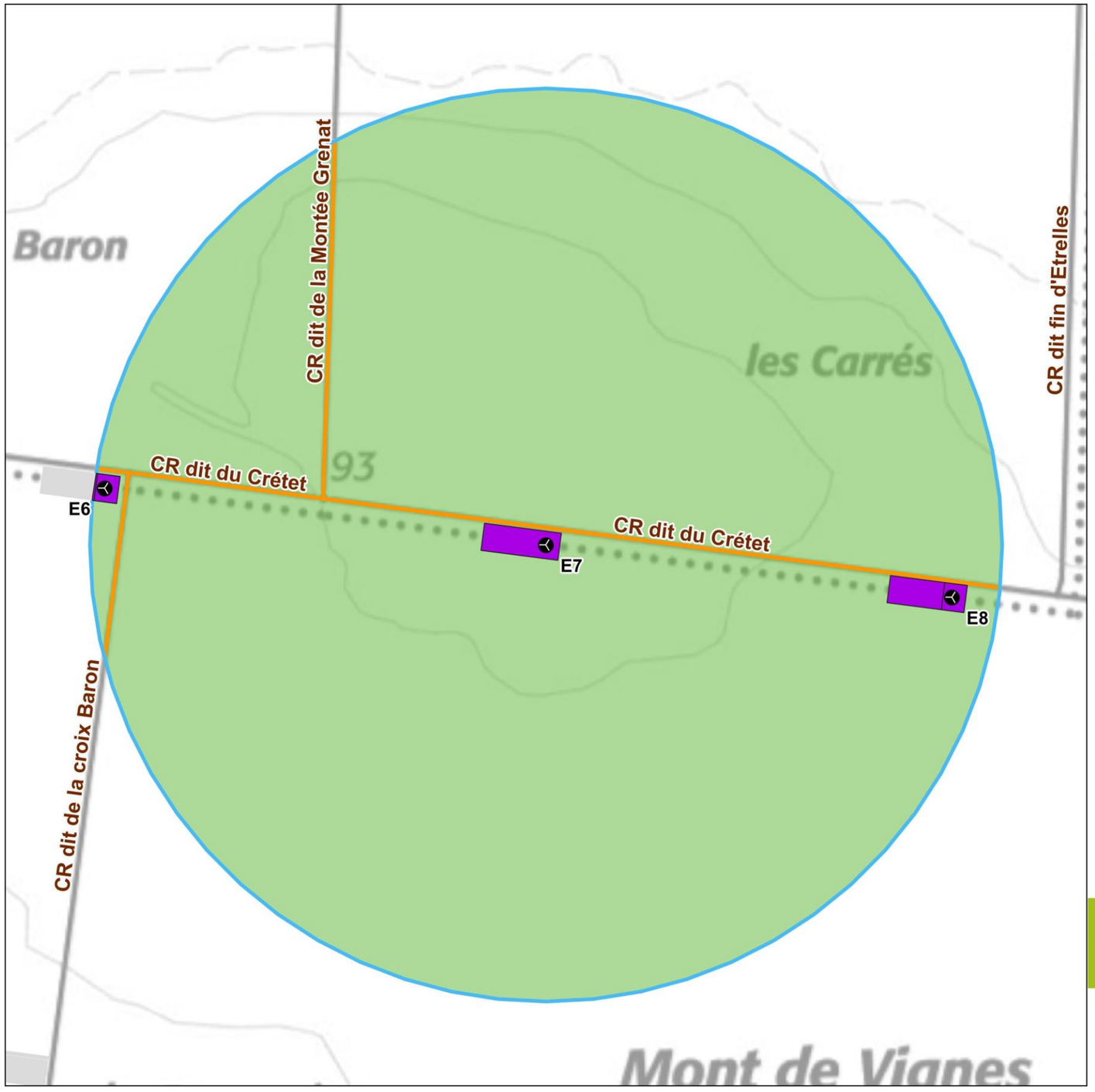


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N
W E
S

Carte 17 ::synthèse des enjeux sur la zone d'étude des dangers d'E6



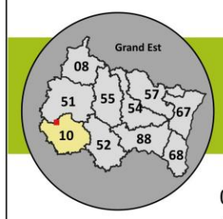
Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Synthèse des enjeux - E7

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

- Plateforme et piste
  1 personne pour 10 ha
- Terrain non aménagé peu fréquenté
  1 personne pour 100 ha
- Route non structurante
  1 personne pour 10 ha
- Sentiers et chemins agricoles
  2 personnes par km

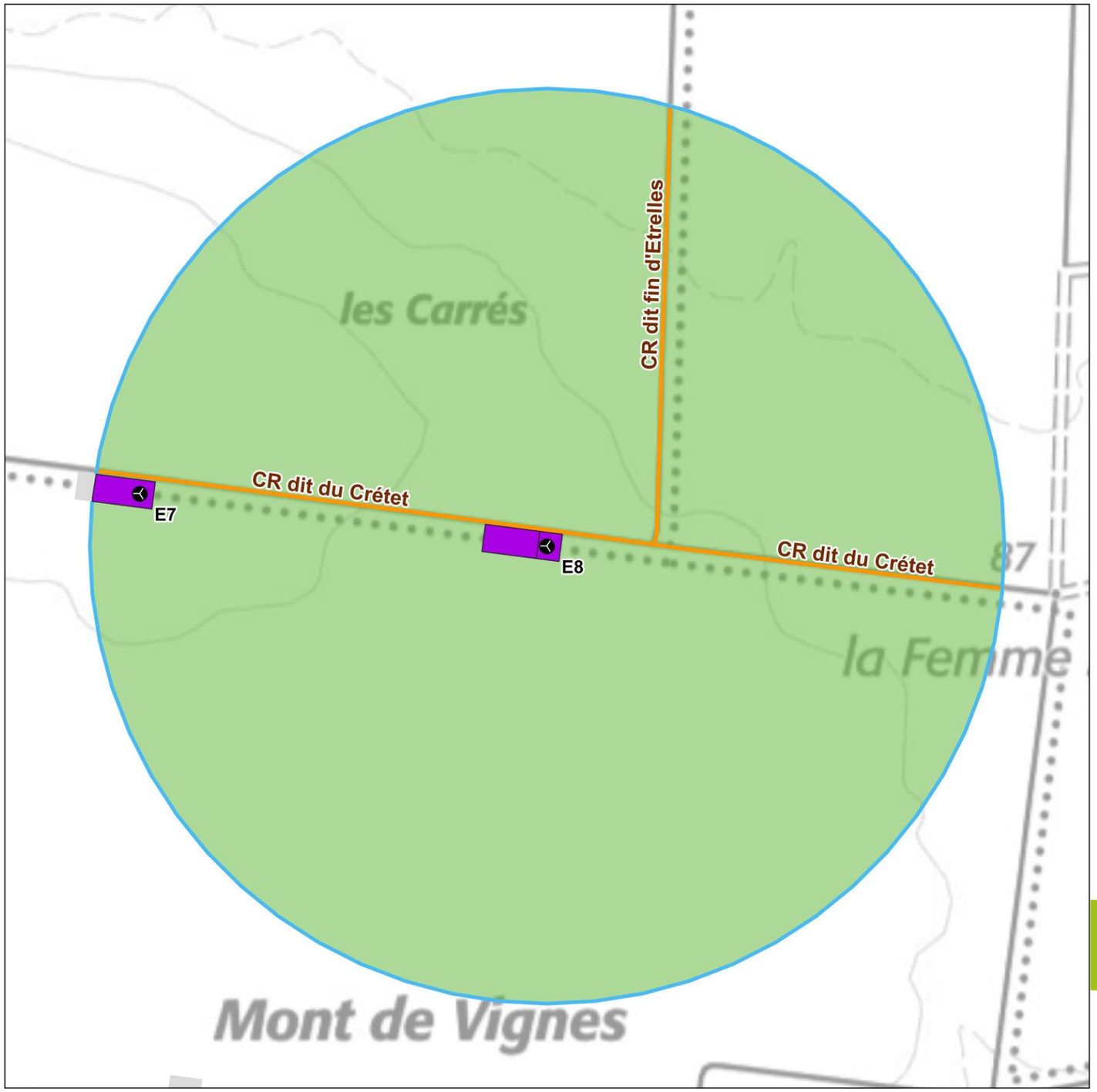


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 18 ::synthèse des enjeux sur la zone d'étude des dangers d'E7



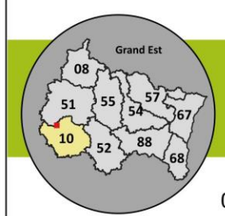
Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Synthèse des enjeux - E8

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

- Plateforme et piste
  1 personne pour 10 ha
- Terrain non aménagé peu fréquenté
  1 personne pour 100 ha
- Route non structurante
  1 personne pour 10 ha
- Sentiers et chemins agricoles
  2 personnes par km

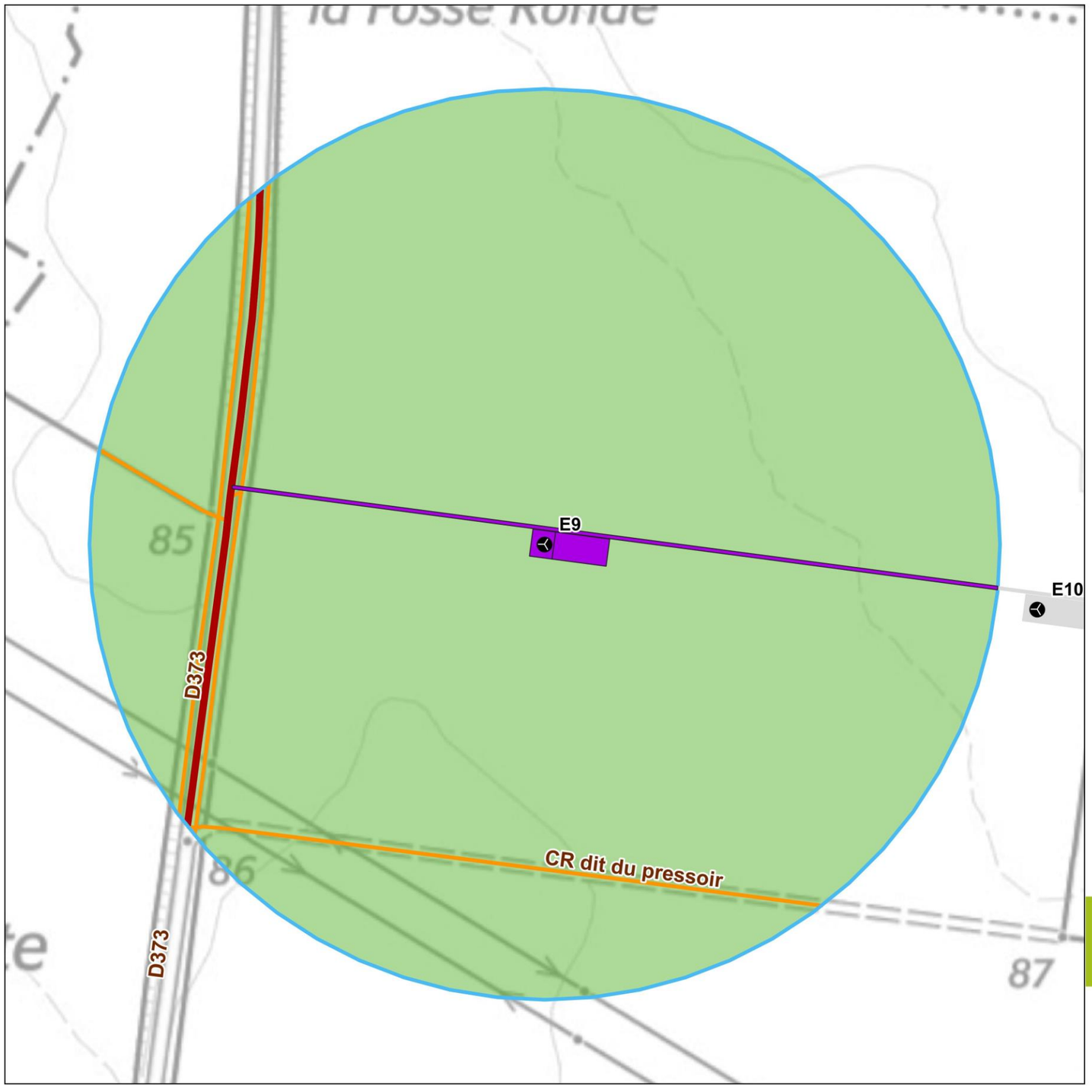


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N
W E
S

Carte 19 ::synthèse des enjeux sur la zone d'étude des dangers d'E8



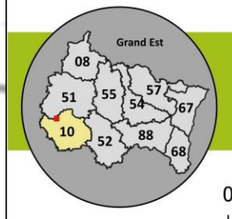
Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Synthèse des enjeux - E9

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

- Plateforme et piste
  1 personne pour 10 ha
- Terrain non aménagé peu fréquenté
  1 personne pour 100 ha
- Route non structurante
  1 personne pour 10 ha
- Sentiers et chemins agricoles
  2 personnes par km

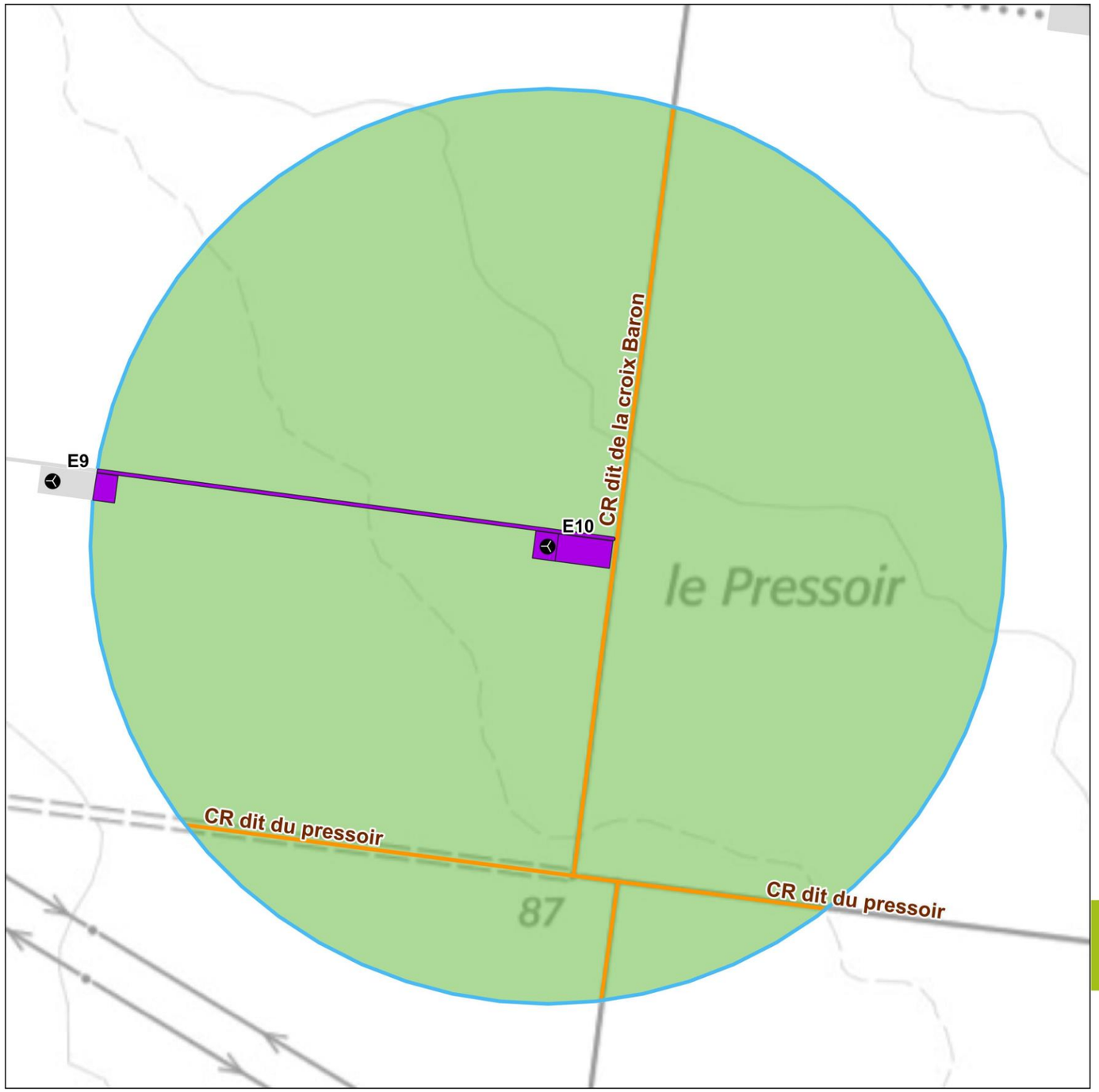


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N
W E
S

Carte 20 ::synthèse des enjeux sur la zone d'étude des dangers d'E9



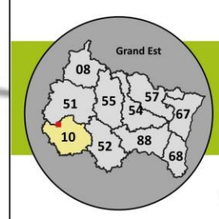
Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Synthèse des enjeux - E10

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

- Plateforme et piste
  1 personne pour 10 ha
- Terrain non aménagé peu fréquenté
  1 personne pour 100 ha
- Route non structurante
  1 personne pour 10 ha
- Sentiers et chemins agricoles
  2 personnes par km

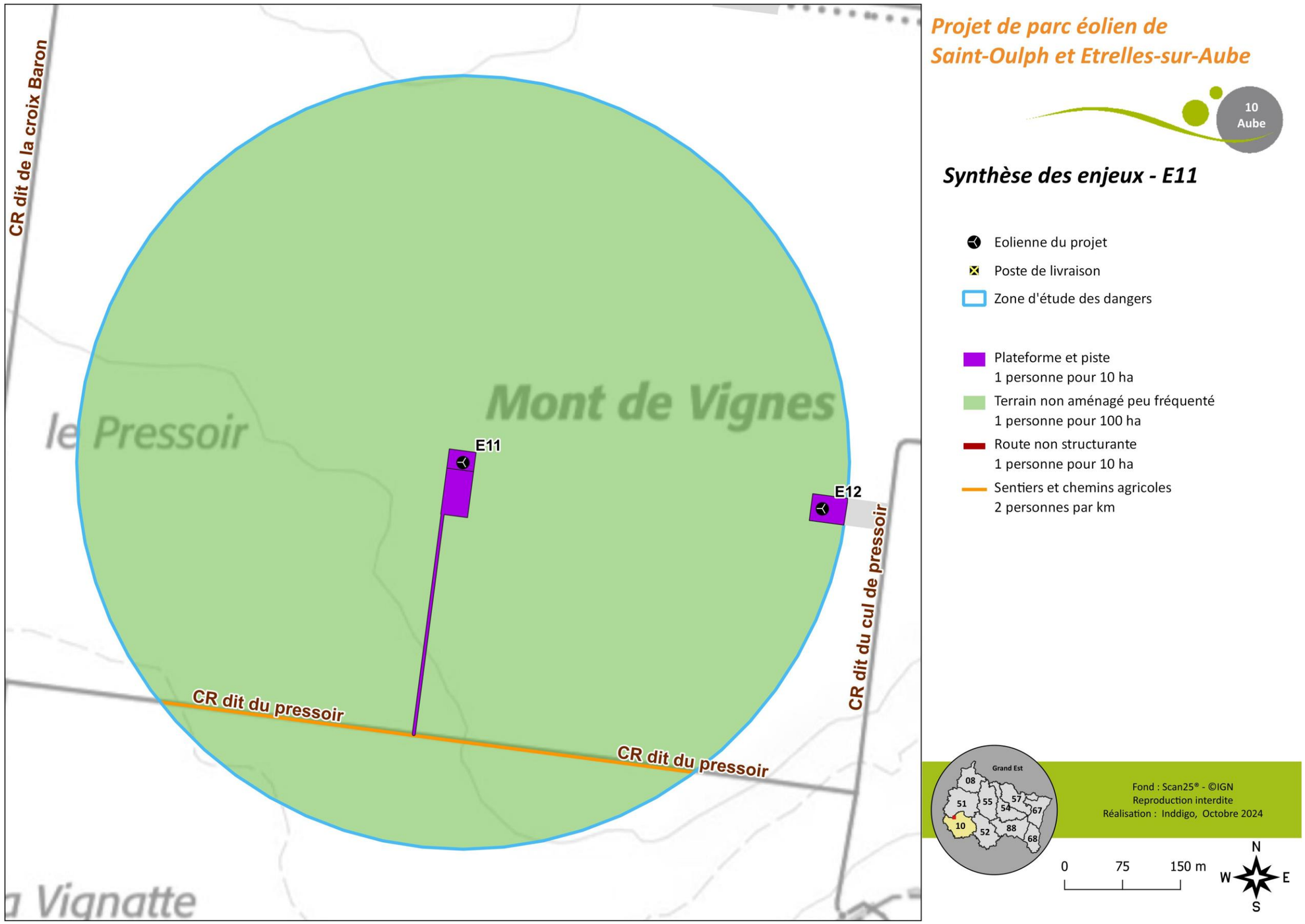


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 21 ::synthèse des enjeux sur la zone d'étude des dangers d'E10



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Synthèse des enjeux - E11

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

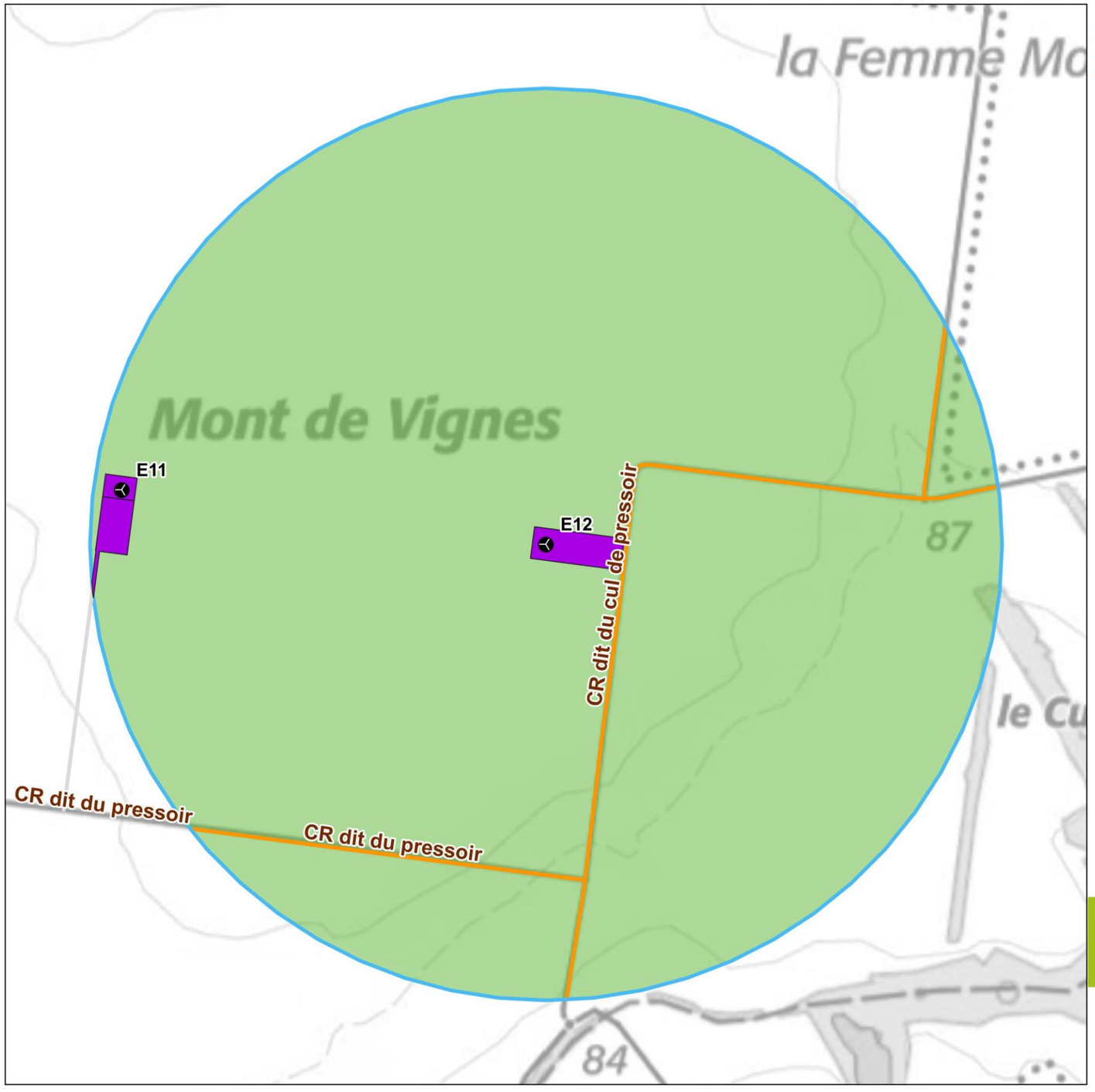
- Plateforme et piste
  1 personne pour 10 ha
- Terrain non aménagé peu fréquenté
  1 personne pour 100 ha
- Route non structurante
  1 personne pour 10 ha
- Sentiers et chemins agricoles
  2 personnes par km

Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N
W E
S

Carte 22 ::synthèse des enjeux sur la zone d'étude des dangers d'E11



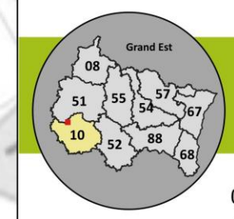
Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Synthèse des enjeux - E12

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

- Plateforme et piste
  1 personne pour 10 ha
- Terrain non aménagé peu fréquenté
  1 personne pour 100 ha
- Route non structurante
  1 personne pour 10 ha
- Sentiers et chemins agricoles
  2 personnes par km



Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N
W E
S

Carte 23 ::synthèse des enjeux sur la zone d'étude des dangers d'E12

4 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION ET DES PROCEDES 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 40
4.1.1 Éléments constitutifs d'un aérogénérateur 40
4.1.2 Emprise au sol 40
4.1.3 Chemins d'accès 41
4.2 Caractéristiques du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube 41
4.2.1 Activités de l'installation 41
4.2.2 Situation géographique 41
4.2.3 Les éoliennes choisies 43
4.3 Fonctionnement d'une éolienne 43
4.3.1 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur 43
4.3.2 Caractéristiques techniques des éoliennes envisagées 43
4.4 Aires de levage 46
4.5 Chemins d'accès 46
4.6 Durée de vie et démantèlement 46
4.7 Fonctionnement des réseaux de l'installation 46
4.7.1 Les postes de livraison électrique 47
4.7.2 Le réseau électrique interne 47
4.7.3 Le réseau électrique externe 49
4.8 La maintenance 50
4.8.1 Le personnel de maintenance 50
4.8.2 Arrêts d'urgence 50
4.8.3 Opérations périodiques de contrôle et systèmes de sécurité 50
4.8.4 Registre de maintenance 50
4.9 Démantèlement et remise en état du site 51
4.10 Dispositions constructives 51
4.10.1 Dispositions réglementaires 51
4.10.2 Sécurité de l'installation 51

inddigo

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 du 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.

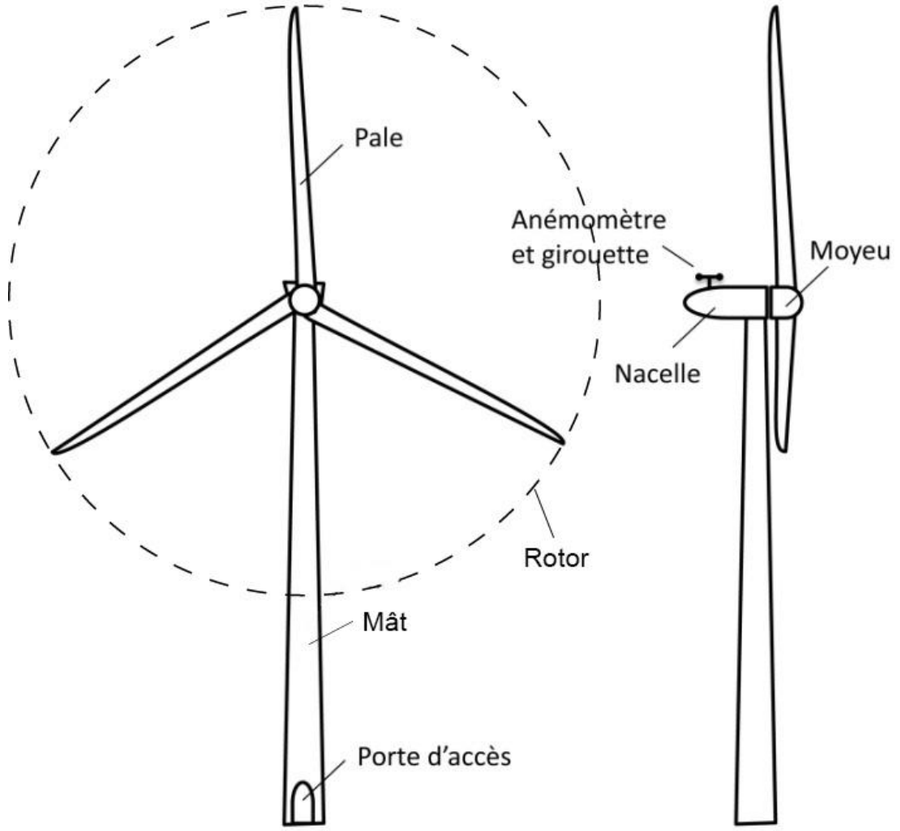


Figure 2 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

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.

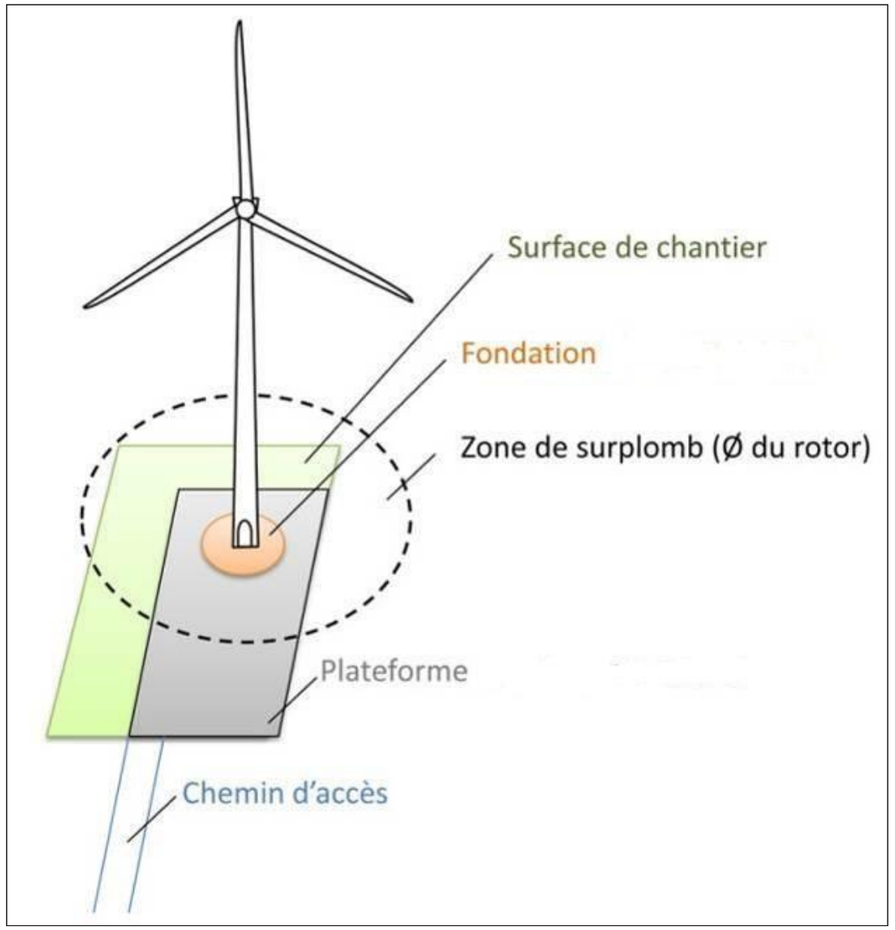


Illustration 1 : Emprises au sol d'une éolienne

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 constituants 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

4.2.1 Activités de l'installation

L'activité du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube 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.

La carte suivante présente les aménagements du projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube en phase d'exploitation.

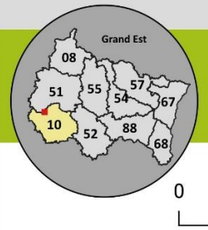


Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

10 Aube

Implantation du projet
Phase exploitation

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Survol
- Piste d'accès
- Plateforme
- Limite communale



Source :
Fond : BDOrtho/Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 200 400 m

N W E S

Carte 24 : Le projet en phase d'exploitation

4.2.3 Les éoliennes choisies

Les éoliennes composant le parc de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube sont des modèles V163 de 4,5 MW.

Le tableau présente les dimensions du modèle d'éoliennes retenu pour équiper le parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

Tableau 7 : Caractéristiques et gabarits des aérogénérateurs envisagés pour le parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

Nom de la machine	V163
Constructeur	Vestas
Puissance nominale	4,5 MW
Diamètre du rotor	163 m
Hauteur en bout de pale	207,5 m
Hauteur de moyeu	126 m
Longueur de pale	80 m
Largeur maximale de la pale	4,2 m
Diamètre de la base du mât	4,45 m

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 vent[2] ;
- 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 (4,5 MW dans le cas des éoliennes de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube). 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.

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 retenue sera équipée d'un rotor de 163 mètres de diamètre constitué de trois 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 de l'éolienne Vestas V163 mesurent 80 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°.

[2] 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

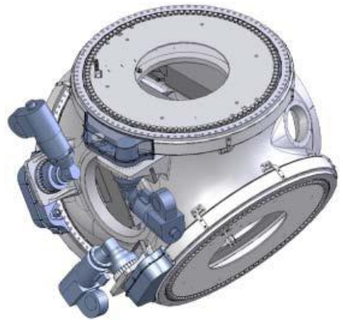


Figure 3 : Exemple de moyeu

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, les armoires de commandes et le transformateur. 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.

4.3.2.2.1 Le multiplicateur

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.

4.3.2.2.2 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'entrainement 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.

Le modèle d'éoliennes retenu pour le présent projet est doté d'une génératrice asynchrone avec multiplicateur.

4.3.2.2.3 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.

4.3.2.2.4 Le convertisseur

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).

4.3.2.2.5 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.

4.3.2.2.6 Le système de refroidissement

Le refroidissement des principaux composants de la nacelle (multiplicateur, génératrice, 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.

4.3.2.3 Le mât

Le mât de l'éolienne se présente sous la forme d'une tour conique en acier constituée de 5 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.

4.3.2.4 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.

4.3.2.5 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube 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.

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

4.3.2.6 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.

4.3.2.6.1 La couleur des éoliennes

La couleur des éoliennes est définie par les quantités colorimétriques et le facteur de luminance :

- 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.

Blanc (luminance > 0,75)				Gris (Luminance < 0,75)	
RAL 9003	RAL 9010	RAL 9016	RAL 9018	RAL 7035	RAL 7038

Figure 4 : Nuances de couleurs des éoliennes

Remarque : les RAL 9003, 9010 et 9016 dans le domaine du blanc sont très proches visuellement.

La couleur choisie est appliquée uniformément sur l'ensemble des éléments constituant l'éolienne (tour, moyeu et pales). Une personnalisation de la couleur sur le tiers inférieur du mât reste néanmoins possible. Dans le cas des aérogénérateurs du projet de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, 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.

4.3.2.6.2 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°). A noter que, comme le permet désormais la réglementation, les faisceaux lumineux du champ éolien seront orientés vers le ciel ;
- **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 :

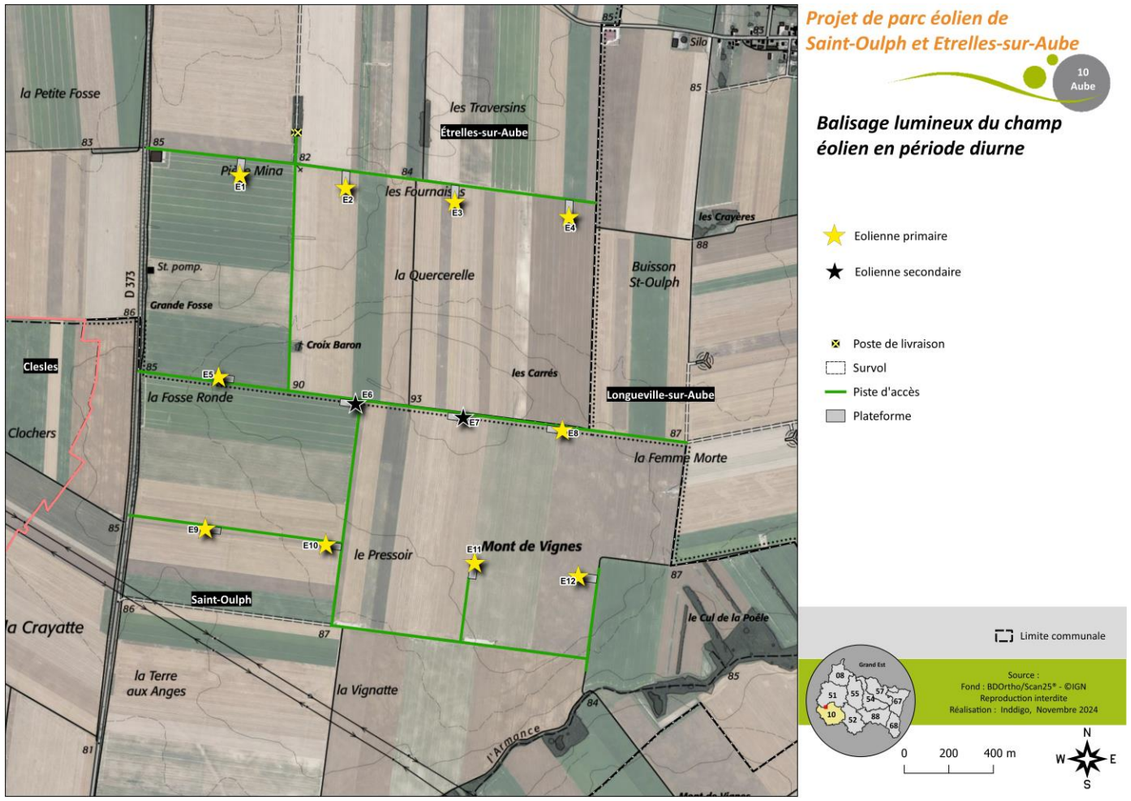
- si l'éolienne mesure entre 151 m et 200 m, elle sera équipée d'un seul niveau de feux implantés à 45 m de hauteur ;
- si l'éolienne mesure entre 201 m et 250 m, elle sera équipée de deux niveaux de feux implantés à 45 m et 90 m de hauteur.

Les éoliennes de Saint-Oulph et d'Etrelles-sur-Aube, dont la hauteur en bout de pale sera de 207,5 m, seront équipées de deux niveaux de feux d'obstacles basse intensité de type B.

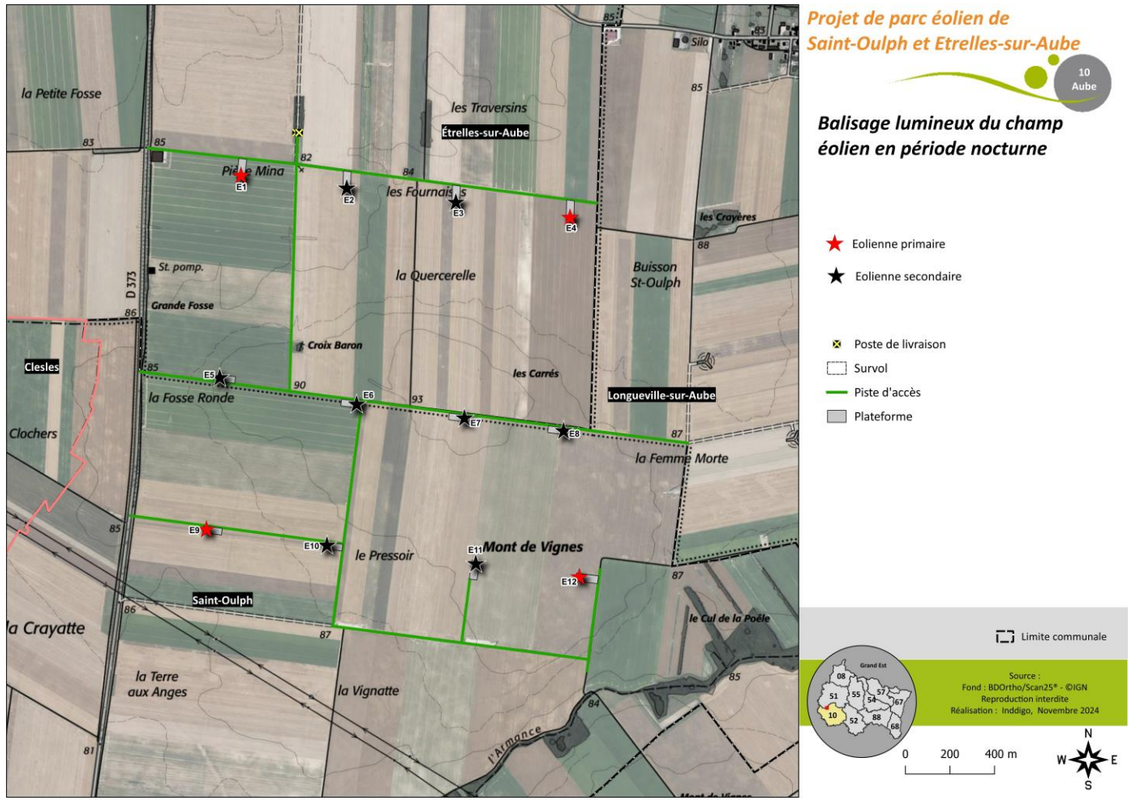
Selon l'organisation des éoliennes d'un même parc (notion de "champ éolien"), **certaines adaptations du balisage sont possibles** afin de limiter la gêne des riverains. Ainsi, de jour et sous certaines conditions, il est possible de n'appliquer un balisage lumineux que sur les éoliennes dites "périphériques". De nuit, il est possible d'installer, sur les éoliennes dites "secondaires", un balisage fixe plutôt qu'à éclat ou des feux de moindre intensité (200 candelas au lieu de 2000). Les détails de ces adaptations sont consultables en annexe II de l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

Dans le cadre du projet de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, un balisage différencié permet en période diurne et en période nocturne permettra de limiter les incidences du balisage lumineux en définissant des éoliennes primaires et secondaires.

Les options de balisage lumineux, conformes à l'arrêté du 23 avril 2018, sont présentés sur les cartes suivantes :



Carte 25 : Balisage lumineux du champ éolien en période diurne



Carte 26 : balisage lumineux du champ éolien en période nocturne

A noter que 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.

4.3.2.7 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 de Saint-Oulph et d'Etrelles-sur-Aube devraient être similaires à celle présentée sur le schéma ci-après, probablement de forme ronde.

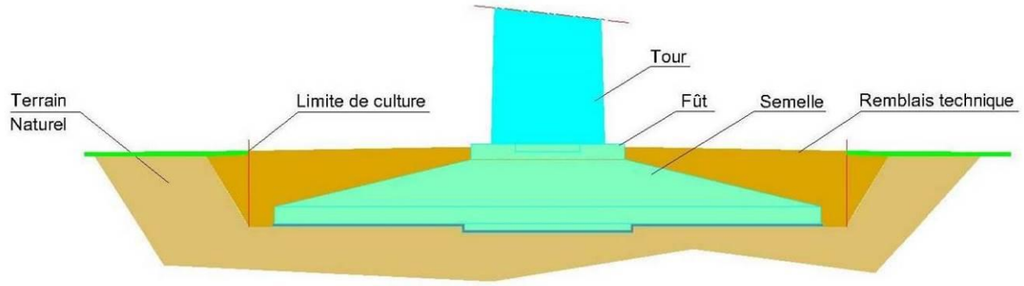


Figure 5 : Schéma type d'une fondation

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

Plusieurs pistes seront créées pour permettre la desserte de l'ensemble des 12 éoliennes du parc de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube en sus des routes et des chemins existants qui pourront être renforcés ou élargis. L'entretien de ces accès sera assuré par l'exploitant du parc afin de permettre l'intervention des services d'incendie et de secours.

La largeur utile de la voie doit être de 5 mètres 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube 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 :

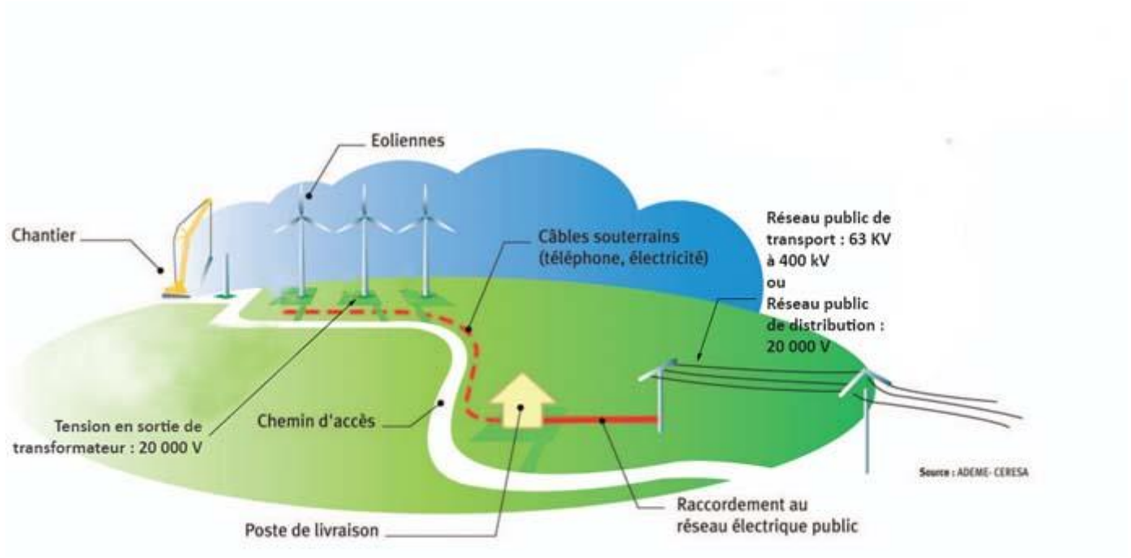


Figure 6 : Schéma de principe du raccordement électrique des installations. (Source. ADEME et CERESA réadapté)

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 17 MW environ. Compte tenu de la puissance du parc de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube (54 MW), 2 postes doubles seront implantés pour évacuer l'électricité produite. Le poste de livraison n°1 (PDL1 et PDL2) constituera le point de collecte de l'électricité produite par les éoliennes E6 à E8, E1, E5 et E9, tandis que le poste de livraison n°2 (PDL 3 et 4) prendra en charge la production des aérogénérateurs EE2 à E4 et E10 à E12.

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.

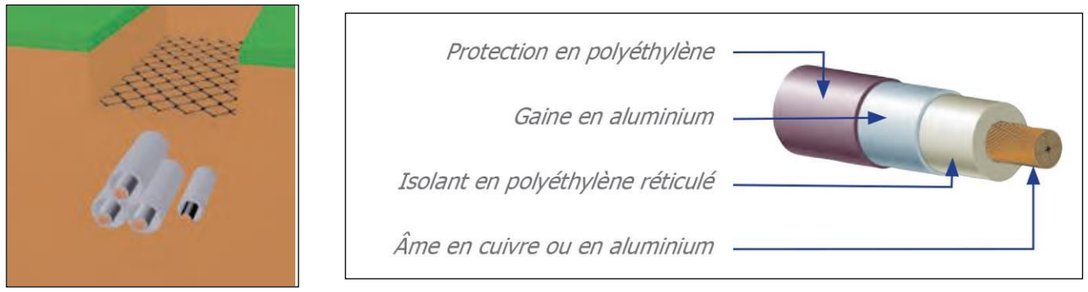
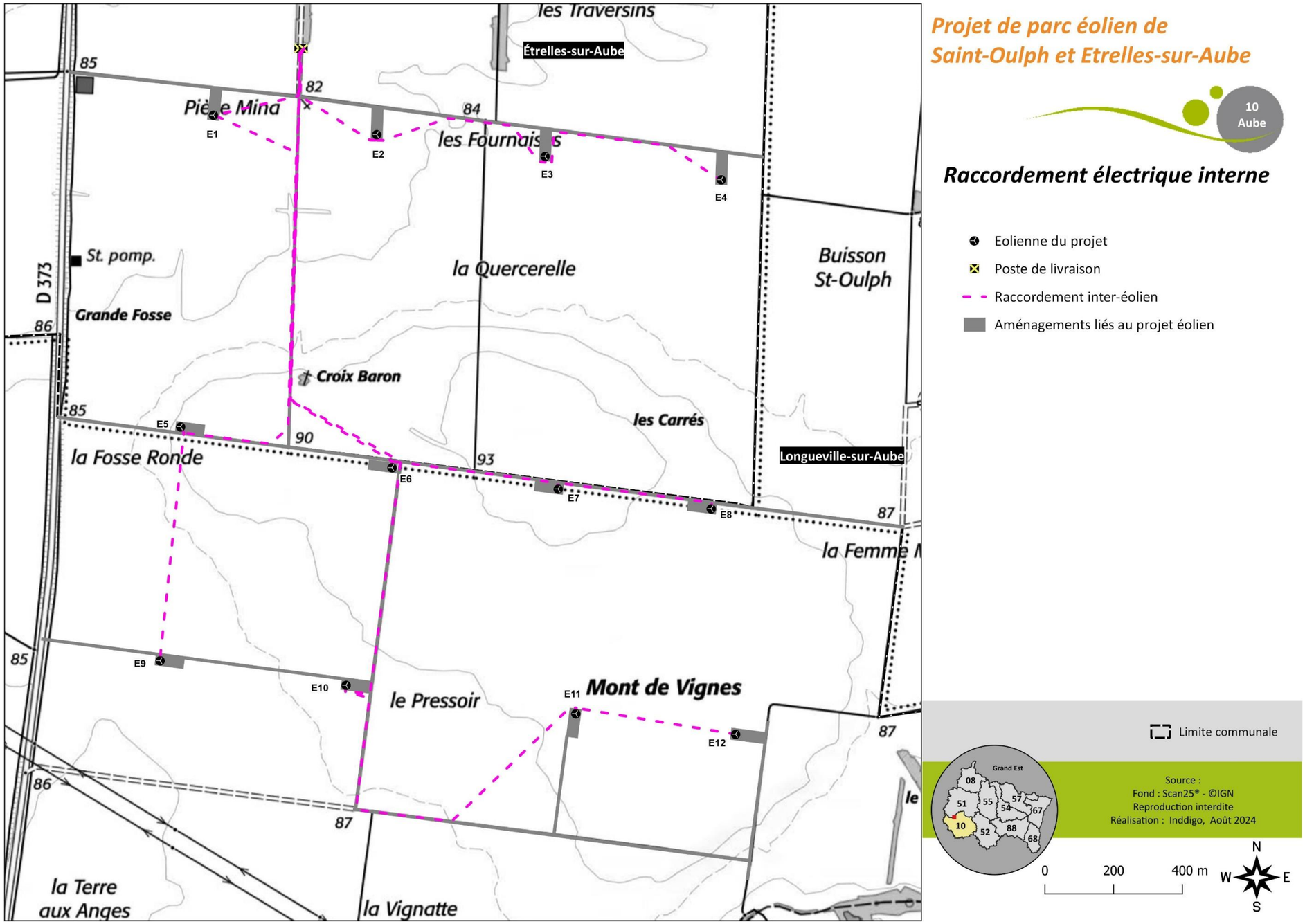


Figure 7 : Principe d'enfouissement et coupe d'un câble de raccordement souterrain (source : RTE)

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



Carte 27 : Plan du raccordement inter-éolien et des postes de livraison

A noter que les schémas unifilaires sont consultables en annexe 10.1

4.7.3 Le réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie les postes de livraison au 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 (ENEDIS) ; Il est lui aussi entièrement enterré.

L'**hypothèse envisagée** pour le raccordement au réseau public de distribution du parc éolien de Saint-Oulph et d'Etrelles-sur-Aube porte sur le **poste source de Faux-Fresnay** implanté au centre de la commune éponyme, à environ 12,5 km à vol d'oiseau au nord-est du présent projet.

Il est à noter que l'hypothèse de raccordement proposée dans le présent chapitre et illustrée par la carte suivante ne présente aucun caractère engageant, que ce soit pour le maître d'ouvrage du projet de parc éolien comme pour le gestionnaire du réseau d'électricité local. En effet, quelle que soit l'hypothèse de raccordement envisagée, le poste source retenu et le tracé précis et définitif de ce raccordement ne seront connus qu'à la réception de la convention de raccordement (CR) délivrée par le gestionnaire de réseau de distribution d'électricité local. Ce document est transmis une fois l'autorisation environnementale obtenue et permet la mise en attente du projet pour son raccordement au réseau électrique.

Sur le plan technique, le raccordement au poste source se fera par des 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.

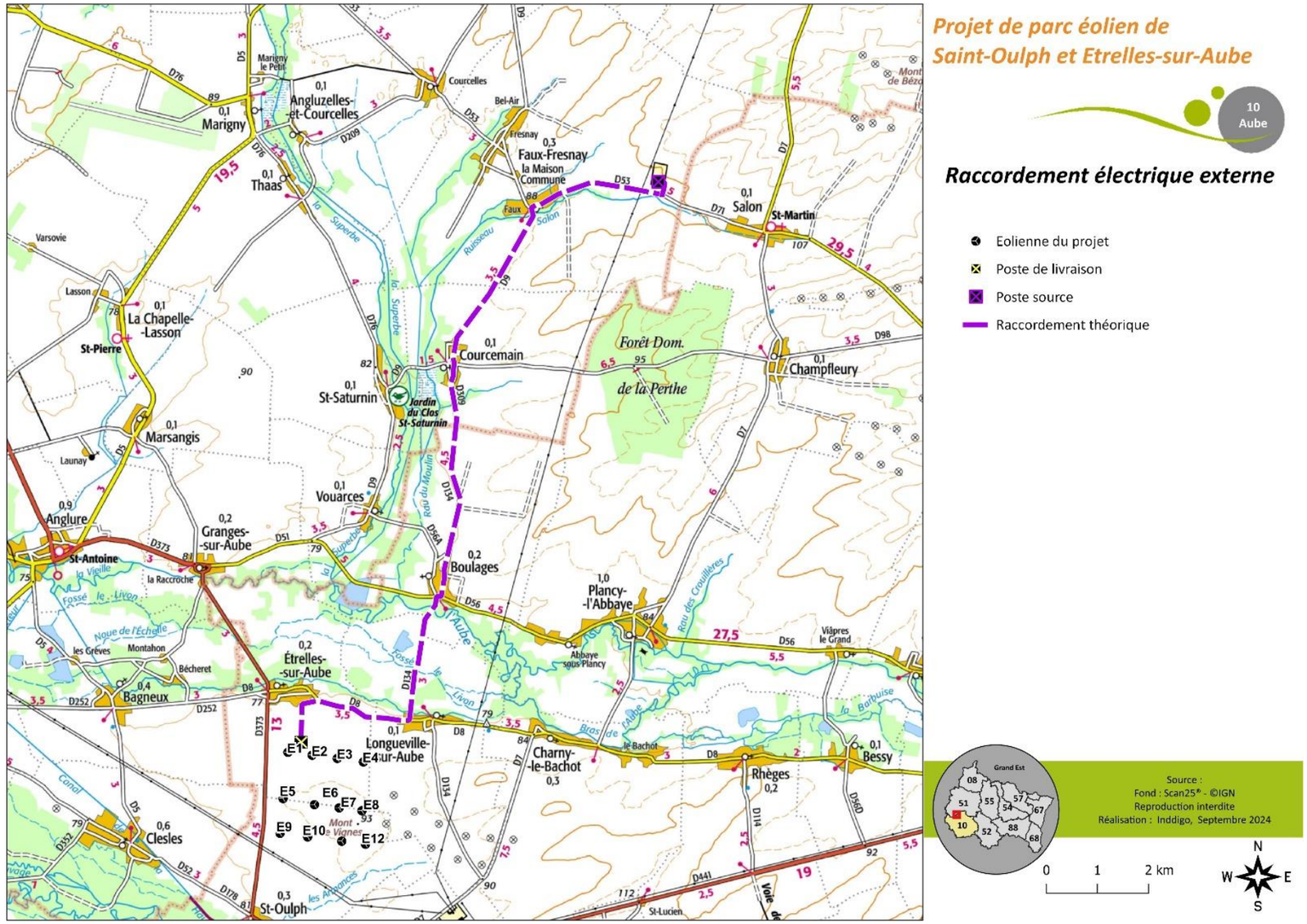


Figure 8 : Hypothèse de raccordement du parc éolien de Saint-Oulph et d'Etrelles-sur-Aube au poste source de Faux-Fresney

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'entrainement, 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 10 décembre 2021 – art. 12, *« Avant toute mise en service industrielle, l'exploitant réalise des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité :*

- *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.

Les installations électriques intérieures et les postes de livraison sont maintenus en bon état et sont contrôlés par un organisme compétent à fréquence annuelle après leur installation ou leur modification. L'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports de contrôle sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé. Les rapports de contrôle des installations électriques sont annexés au registre de maintenance visé à l'article 19.

NOTA : Conformément à l'article 22 de l'arrêté du 10 décembre 2021, ces dispositions sont entrées en vigueur le 1er janvier 2022. »

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 les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021 :

- *« 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 fonctionnent.*
- *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 ».

4.9 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 postes de livraison ainsi que les câbles dans un rayon de 10 mètres autour des aérogénérateurs et des postes de livraison. Dans le cadre d'un renouvellement dûment encadré par arrêté préfectoral, les postes de livraison ainsi que les câbles dans un rayon de 10 mètres autour des aérogénérateurs et des postes de livraison peuvent être réutilisés ;

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. Dans le cadre d'un renouvellement dûment encadré par arrêté préfectoral, les fondations en place peuvent ne pas être excavées si elles sont réutilisées pour fixer les nouveaux aérogénérateurs ;

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 (SAINT-OULPH ETRELLES ENERGIE). D'après l'article 30 de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par les arrêtés du 22 juin 2020, du 10 décembre 2021 et du 11 juillet 2023, puis l'article 25 de la Loi APER entrée en vigueur le 20 juillet 2023, 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 :

$$M = \Sigma (Cu)$$

Où Cu est fixé par les formules suivantes :

- **Cu = 75 000 €** lorsque la puissance unitaire installée de l'aérogénérateur est inférieure ou égale à 2 MW
- **Cu = 75 000 € + 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 **1 650 000 €**.

4.10 Dispositions constructives

4.10.1 Dispositions réglementaires

L'arrêté du 26 Août 2011, modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, 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. »*
- *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. Des contrôles périodiques sont effectués pour vérifier la pérennité de la mise à la terre, selon les périodicités suivantes : une fois par an pour le contrôle visuel et une fois tous les deux ans pour le contrôle avec mesure de la continuité électrique. »*
- *Art. 10. - « L'installation est conçue pour prévenir les risques d'incendie et d'explosion d'origine électrique. […] 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 non visées par la directive du 17 mai 2006, notamment les installations 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. »*

4.10.2 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 12 aérogénérateurs sont situés :

- 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 Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube sont situées à une distance de 30,93 km du radar le plus proche utilisé dans le cadre des missions de sécurité météorologique des personnes et des biens (à savoir le radar d'Arcis sur Aube). Cette distance respecte la distance minimale d'éloignement imposée par l'arrêté du 26 août 2011 (20 km).

Concernant les contraintes radars de l'Armée de l'air, les services de l'Armée de l'Air indiquent, dans leur réponse que le projet éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube ne présente aucune incidence vis-à-vis de leurs radars.

Servitudes aéronautiques

D'après les réponses en date du 04/04/2024 et du 25/08/2023 respectivement de l'Aviation Civile et de l'Armée de l'Air, le projet se situe en dehors de toute servitude aéronautique.

Dans tous les cas, la conformité du projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube 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'entrainement, 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.

Les installations électriques intérieures et les postes de livraison sont maintenus en bon état et sont contrôlés par un organisme compétent à fréquence annuelle après leur installation ou leur modification.

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 fonctionnent.

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, 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 lie 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 57
5.1.1 Les produits mobilisés 57
5.1.2 Les potentiels de dangers liés à ces produits 57
5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation 57
5.3 Réduction des potentiels de dangers à la sourceSain 58
5.3.1 Principales actions préventives 58
5.3.2 Utilisation des meilleurs techniques possibles 59

La Circulaire du 10 mai 2010[3] 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 de Saint-Oulph et Etrelles. 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, nettoyants…) 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 800 à 1 200 l ;
- huiles de lubrification pour les engrenages des systèmes d’orientation des pales et de la nacelle : environ 100 l ;
- graisses (engrenages, roulements, paliers, systèmes d’entraînements) : < 60 kg.
- 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 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 (SF_6), gaz isolant des cellules de protection électrique : < 5 kg.
- Les produits de nettoyage et d’entretien : solvants, dégraissants, nettoyants, 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 celles 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), un risque potentiel de contamination des milieux aquatiques est envisageable en cas de fuite. Le danger inhérent à un tel scénario est une pollution d’eaux captées pour l’alimentation en eau potable. Un tel évènement implique néanmoins l’existence de captages d’eau potable ou de périmètres de protection associés au droit du site (Cf. analyse au 7.7) ainsi que l’infiltration d’un volume notable de polluants.

Enfin, le **gaz SF_6** 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube peut être synthétisé à travers les opérations suivantes :

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

[3] 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 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube sont listés dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

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 sourceSain

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 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 ;
- La ligne à haute tension RTE est située à une distance supérieure à celle préconisée par le gestionnaire vis-à-vis des installations du projet. En effet, l'éolienne la plus proche se trouve à 395 m de l'ouvrage alors même que l'éloignement évalué par RTE est de 261 m minimum ;
- 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 ;
- à l'exception de l'aléa retrait-gonflement des argiles et du phénomène de remontée de nappes, 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. 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. ;
- L'onde de submersion associé au risque de rupture de barrage sur l'Aube passera au plus près à environ 360 m au nord de la zone d'étude des dangers tandis que l'onde associé au risque rupture de barrage sur la Seine pourra se propager à 280 m de la ZED, au sud.

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 (905 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

Le modèle d'aérogénérateur retenu pour équiper le parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, les mesures de vent effectuées sur le site ont permis de caractériser la classe de vent des éoliennes qui équiperont l'installation (classe IIIB). **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.

5.3.2 Utilisation des meilleurs techniques possibles

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein de la directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, appelée directive IED, afin d'autoriser et de contrôler les installations industrielles.

Pour l'essentiel, la directive IED vise à minimiser la pollution émanant de différentes sources industrielles dans toute l'Union Européenne. Les exploitants des installations industrielles relevant de l'annexe I de la directive IED doivent obtenir des autorités des États-membres une autorisation environnementale avant leur mise en service.

Les installations éoliennes, ne consommant pas de matières premières et ne rejetant aucune émission dans l'atmosphère, ne sont pas soumises à cette directive.

6 ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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 détails 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 63
6.1.1 Incidents sur les parcs de JPEE 67
6.2 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expériences 68
6.2.1 Analyse de l'évolution des accidents en France 68
6.2.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents 68
6.2.3 Limites de l'étude de l'accidentologie 68

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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

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-France Renouvelables 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 d'environ 135 incidents[4] a pu être recensé entre 2000 et 2024 (voir tableau détaillé en 10.4). Ce tableau de travail s'appuie sur :

- l'inventaire réalisé dans le cadre de l'élaboration du Guide de l'INERIS5 (évènements recensés entre 2000 et 2011),
- l'inventaire publié par le second guide validé par l'INERIS d'octobre 2022 (événements recensés entre 2000 et 2017),
- le recensement effectué par le bureau d'études INDDIGO pour les évènements recensés entre 2011 et 2024.

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.

Les graphiques suivants montrent la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2024. **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, chute/rupture de pale, incendie, chute d'éléments, fuite d'huile, projection de pale ou de fragments de pale, etc. 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.

Comme le montre l'histogramme visible sur la Figure 10 suivante, les accidents les plus fréquents, par ordre d'importance sont : les ruptures et chutes de pale, les incendies (nombreux cas criminels), les fuites d'huile, les chutes d'autres éléments de l'éolienne, les effondrements et les projections de pale ou fragments de pale.

Parmi les autres accidents recensés on notera :

- un événement de projection de glace relevé par des skieurs en 2023. Seule une occurrence est recensée dans l'accidentologie de la base ARIA. Pour autant, il s'agit d'un événement considéré comme « courant » mais peu rapporté, certainement du fait que les conséquences et la densité de population demeurent réduites (pas de mortalité, peu de dégâts) ;
- les pannes informatiques associées à des cyberattaques faisant perdre la liaison par satellite ou du contrôle du monitoring (début 2022) et remettant en question la capacité des systèmes de contrôle à distance à résister à des piratages ;
- une collision par avion associée à une erreur de pilotage en situation climatique défavorable.

Les causes directes de ces accidents, sont, comme l'indique la figure suivante, essentiellement liées à des défauts matériels ou des agressions externes d'origine naturelle.

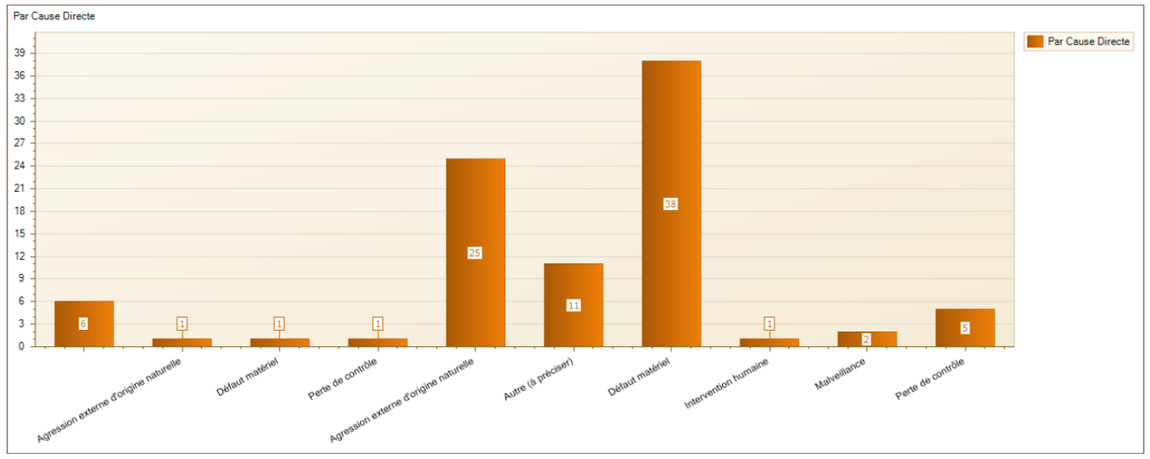


Figure 9 : Répartition des incidents par type de causes directes (source : Guide technique - Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens terrestres Octobre 2022)

Plus précisément, la Figure 9 fait état des événements accidentels et de la proportion relative de leurs causes premières. Ainsi :

- pour les accidents de chute ou rupture de pale :
  - l'origine de nombreux accidents n'a pu être identifiée ou communiquée ;
  - les événements climatiques importants tels que les tempêtes ou la foudre sont des causes récurrentes ;
  - des problèmes inhérents aux machines tels que des dysfonctionnements internes, des défauts de composant sont également recensés ;
  - des erreurs de maintenance, des actes de malveillance existent également.
- pour les incendies :
  - plusieurs présentent une origine inconnue. Ils sont pour autant essentiellement liés à des défaillances électriques ;
  - sont également recensés des actes de malveillance (criminels), des dysfonctionnements interne et des erreurs de maintenance.

[4] Un même évènement peut inclure plusieurs incidents. Par exemple, un incendie entraînant une chute d'éléments.

[5] Inventaire validé par les membres du groupe de travail formé par des exploitants et des constructeurs.

- pour les fuites d'huile : malgré plusieurs inconnues, ce sont les défauts de composant, les dysfonctionnements internes et les erreurs de maintenance qui sont à l'origine de ce type d'accident.
- pour les chutes d'éléments : plusieurs sont d'origine inconnue. Elles restent cependant majoritairement associées à des défauts de composant ou d'usure.
- pour l'effondrement de machine : ce sont généralement les tempêtes ou la survitesse des pales qui en sont la cause.
- pour la projection de pales ou de fragments de pale : une grande partie des accidents recensés n'ont pas de cause identifiée. Les autres ont pour origine les tempêtes, la survitesse, les défauts de composant et les dysfonctionnements de freinage.
- pour la projection de glace : le seul événement recensé met en évidence la défaillance du système de communication avec les capteurs de glace.
- pour les autres accidents recensés, pannes informatiques, ou collision avec un avion, elles sont respectivement liées à des cyberattaques et à une erreur de pilotage.

La Figure 11 qui vient à la suite présente également pour chaque type d'événement accidentel recensé, la nature et la proportion des événements initiateurs ayant entrainé l'accident, mais de façon différente : les causes sont classées par ordre décroissant. Cet histogramme propose ainsi une autre lecture de ces risques, hiérarchisant les éléments déclenchants les accidents.

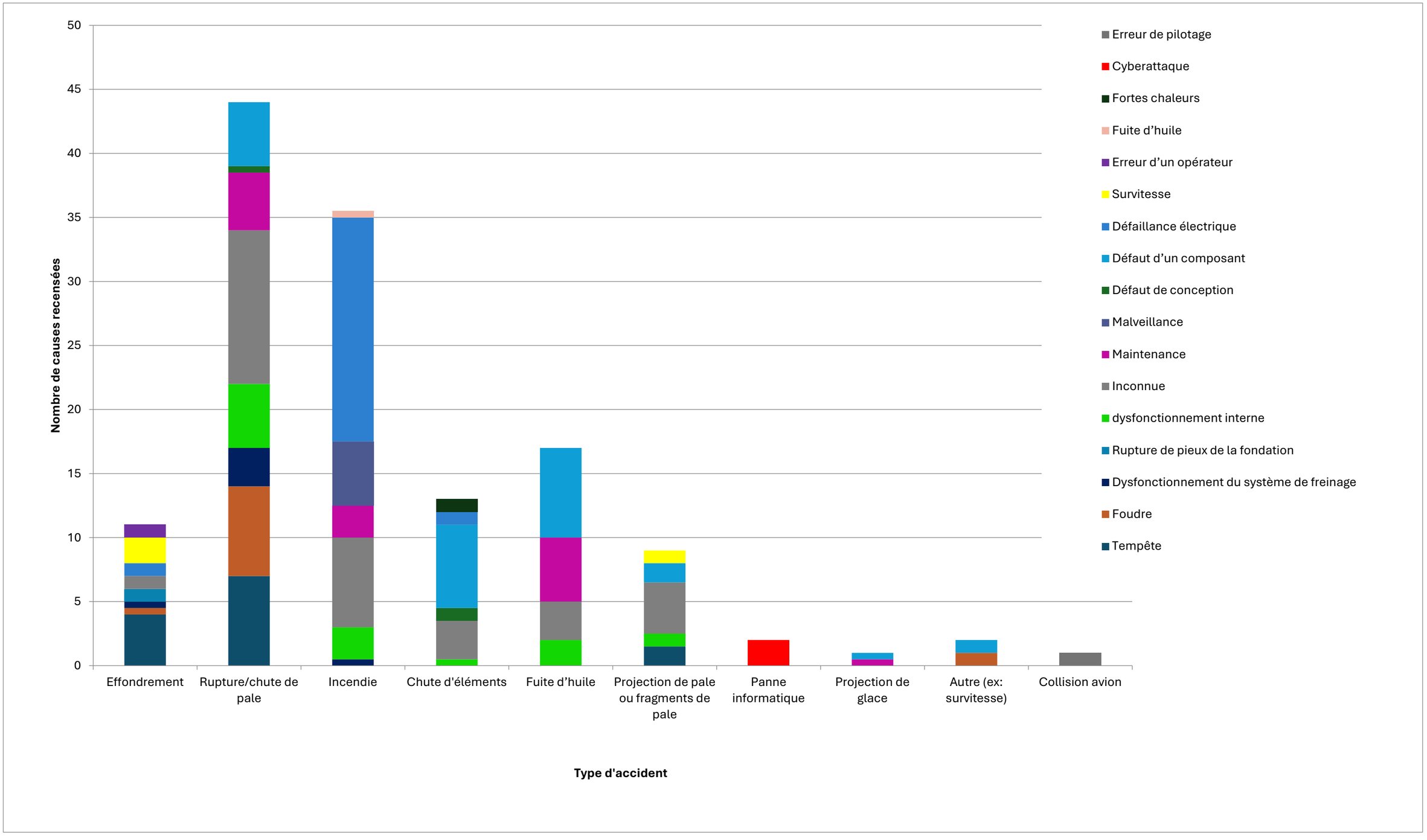


Figure 10 : Répartition des évènements accidentels et de leurs causes sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2024

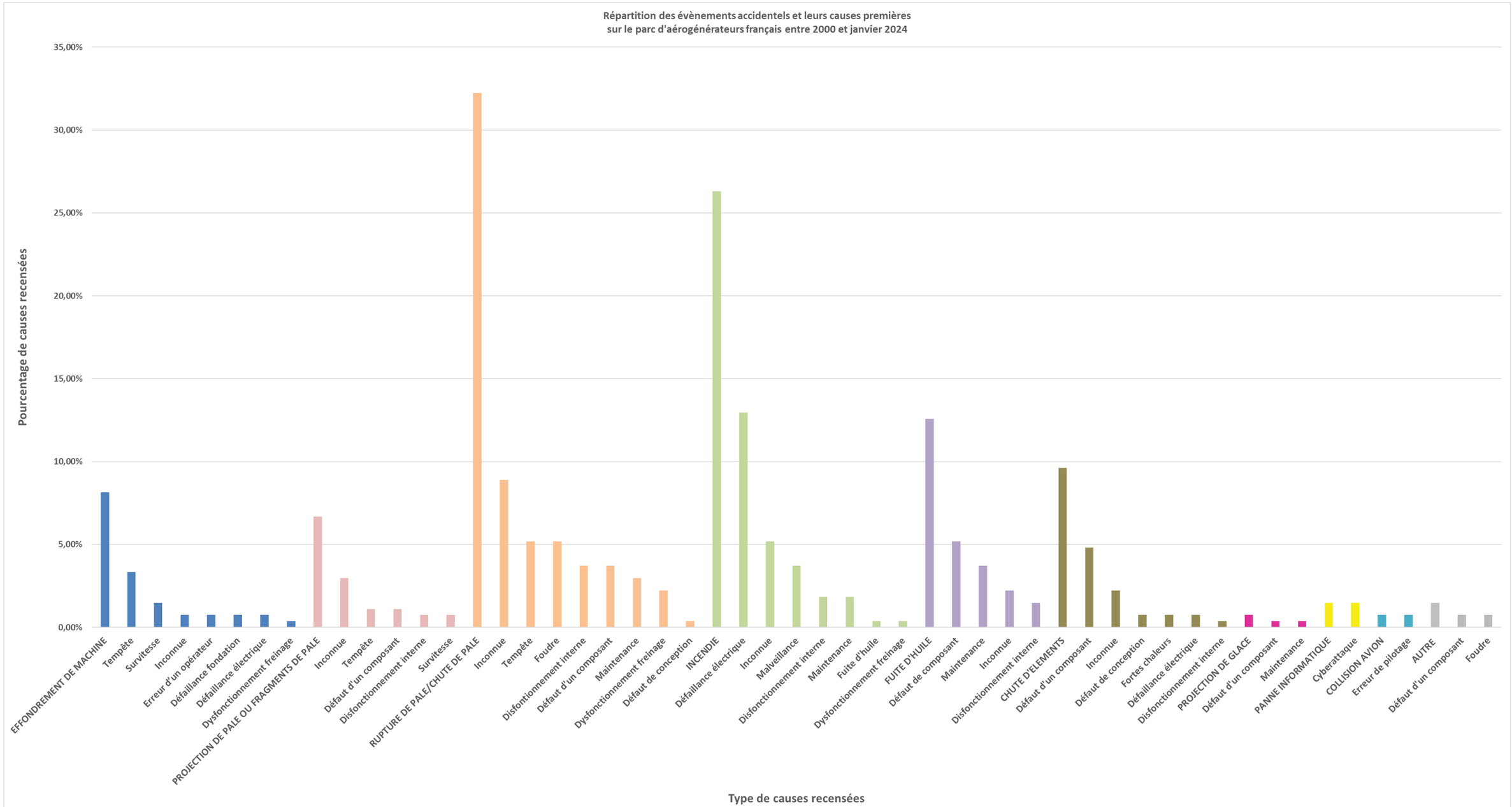


Figure 11 : répartition des événements accidentels et leurs causes premières entre 2000 et 2024

La figure suivante montre un nombre croissant d'événements accidentels sur la séquence 2000-2022. Les scénarios de rupture et chute de pale demeurent une constante au fil des années. Alors que les accidents dominants entre 2000 et 2011 concernaient essentiellement les ruptures/ chute de pale, les effondrements et les chutes d'éléments, sont venus s'ajouter à ceux-ci, entre 2012 et 2022, ainsi que des accidents de fuite d'huile et des incendies.

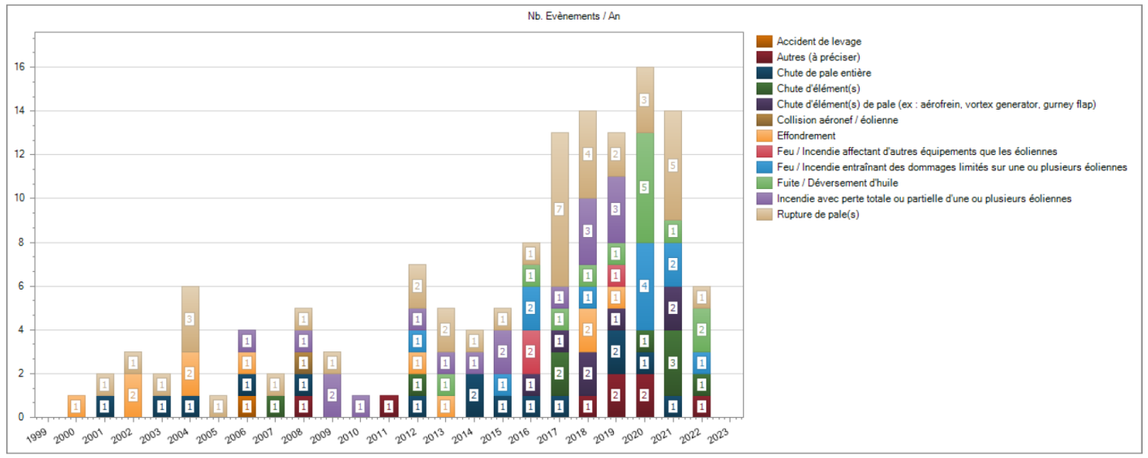


Figure 12 : Nombre d'incidents par an et par type d'évènements entre 2000 et juillet 2022 (source : Guide technique - Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens terrestres Octobre 2022)

Néanmoins, comme pourrait le laisser penser l'histogramme précédent, la figure suivante révèle que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement faible (<16 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.

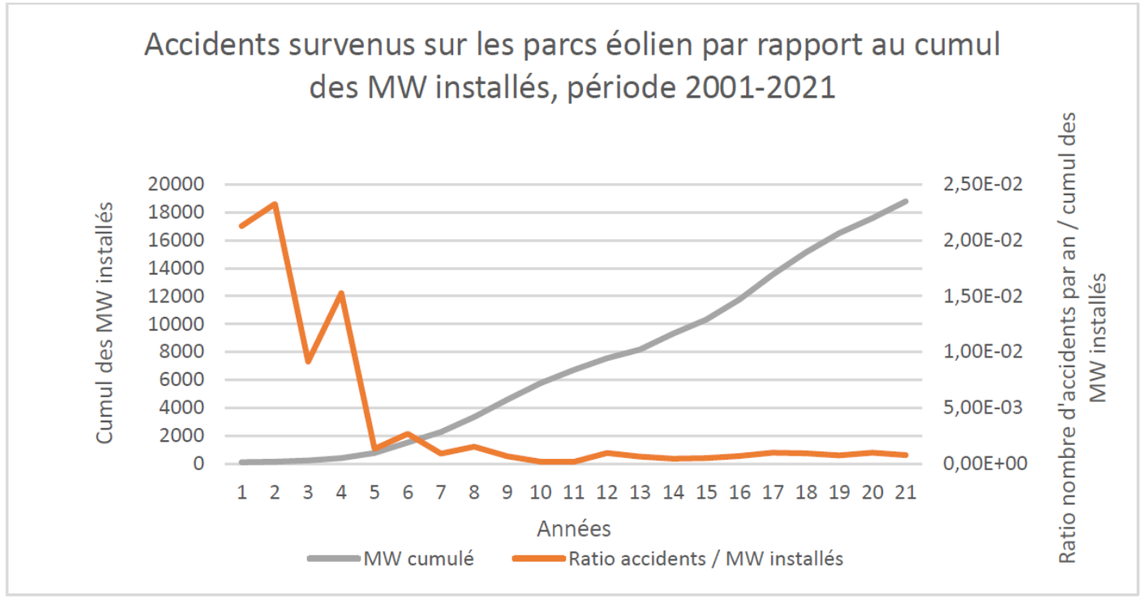


Figure 13 : Nombre d'accidents survenus sur les parcs éoliens par rapport au cumul des MW installés, période 2001-2021 (source : Guide technique - Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens terrestres Octobre 2022)

Fort de ces retours d'expérience, la filière éolienne française a identifié les principaux événements centraux redoutés suivants :

- rupture ou chute de pale(s) (projection / chute de bris) ;
- incendie :
  - Incendie d'équipements électriques ;
  - Incendie de l'éolienne ;
  - Incendie du poste de transformation.
- effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
- projection et / ou chute de glace ;
- survitesse.

Il est à souligner que ces retours d'expérience doivent être pris avec précaution. En effet, ils comportent notamment les biais suivants :

- la non-exhaustivité des événements : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, et notamment des bases de données sur l'accidentologie française présentées plus haut, peut comprendre certains manquements ;
- 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) ;
- des incertitudes importantes : sur les causes et sur la séquence qui a mené à un accident : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents ;

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

6.1.1 Incidents sur les parcs de JPEE

JPEE a connu trois incendies importants depuis la mise en service de son premier parc éolien en 2006. Il n'y a eu aucune conséquence humaine. Chaque incendie a fait l'objet d'une analyse approfondie pour déterminer les causes et plusieurs actions ont été définies.

En conséquence, JPee a fait des investissements considérables pour améliorer les systèmes d'alerte, de détection et d'extinction de ces aérogénérateurs. Voici quelques exemples d'actions correctives mises en place :

- Mise en place de spirale de protection et de gaines isolantes autour des câbles de puissance afin d'éviter les frottements et l'usure des câbles.
- Installation de système de détection incendie sur tous les anciens aérogénérateurs non équipées (aujourd'hui tous les aérogénérateurs de JPee en sont équipées);
- Installation de système d'extinction incendie en complément du système existant qui s'auto-active en présence de flamme (boules Elide Fire) à certains points stratégiques à risque;
- Création d'alertes sur le système d'hypervision de JPee pour alerter sur les éventuels défauts du système d'extinction pour intervenir au plus vite;
- Création d'alertes sur le système d'hypervision de JPee suite à détection de fumée ou survenue d'arcs électriques pour action immédiate de la supervision;

- Mise en place d'une maintenance préventive des condensateurs et d'un système de détection de température sur ces derniers.

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

6.2.1 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 – 2018[6] varie entre 0 et 8 évènements 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.

6.2.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

Le retour d'expérience des filières éoliennes 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.

6.2.3 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) ;
- des incertitudes importantes 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.

[6] 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).

7 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. 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 72
7.2 Recensement des évènements initiateurs exclus de l'analyse des risques 72
7.3 Recensement des agressions externes potentielles 72
7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines 72
7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels 73
7.4 Scénarios étudiés dans l'Analyse Préliminaire des Risques 73
7.5 Effets dominos 79
7.6 Mise en place des mesures de sécurité 79
7.6.1 Définitions 79
7.6.2 Les mesures 80
7.7 Conclusion de l'Analyse Préliminaire des Risques 83

inddigo

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 évènements 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). A noter qu'aucun aérodrome n'est recensé dans un rayon de 2 km du projet[7] ;
- 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 d'E1 à E4 et d'E9 sont inscrits 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.

[7] Source : Géoportail, utilisation de la couche « Aéroports et aérodromes ».

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 3.1 et 3.3 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 9 : 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 12 éoliennes se trouvent à moins de 200 m de routes et sentiers existants (17 m au plus près)
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Aucune ligne THT recensée dans un périmètre de 200 m

Infrastructure	Fonction	Évènement redouté	Danger potentiel	Distance maximale	Distance à l'éolienne la plus proche
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Énergie cinétique des éléments projetés	500 m	Aucun aérogénérateur externe au parc de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube dans un rayon de 500 m (éoliennes correspondant à l'extension du parc de Longueville-sur-Aube situé à 545 m au plus près)

Agressions externes non retenues dans le cadre du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

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

Agressions externes	Intensité
Vents et tempêtes	Selon les données enregistrées à la station Météo-France de Troyes-Barberey, des vents violents[8] balayent la zone d'étude des dangers. Par ailleurs, le territoire est, à l'instar des autres communes du département de l'Aube, concerné par le risque de tempêtes.
Gel	Les épisodes où les températures descendent en dessous de 0°C sont fréquents sur le secteur et s'étalent tout au long de l'année (hors mois de juin, juillet et août). Ils peuvent parfois être extrêmes comme le prouve la température de -17,6 °C recensés en février 1986
Précipitations (pluie, neige, grêle)	Chaque année, il tombe en moyenne près de 644,6 mm de pluie à proximité du site. Ce résultat est bien inférieur à la moyenne nationale métropolitaine qui s'élève à 889 mm. Par ailleurs et en l'absence de données affichées aux stations météo les plus proches, l'enneigement est probable.
Mouvements de terrains	Les territoires des communes de Longueville-sur-Aube, de Saint-Oulph et d'Etrelles-sur-Aube ne sont pas concernés par des risques majeurs de mouvements de terrains. Néanmoins, le risque de retrait et de gonflement des argiles est présent sur le secteur
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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

[8] Vitesse supérieure à 23 m/s selon Météo France.

Remarque : Les agressions externes liées à des :

- inondations ;
- incendies de forêt ou de cultures ;
- séismes (aléa très faible à 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'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux ;
- une description des phénomènes dangereux dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- une évaluation 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'événements 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 11 : Analyse générique des risques concernant un parc éolien

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement intermédiaire 2	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
« G » les scénarios concernant la glace							
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales quand l'éolienne est arrêtée Dépôt de glace sur le mât ou la nacelle	X	Chute de glace lorsque les éoliennes sont à l'arrêt	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Chute de glace sur cible	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	X	Projection de glace lors de la mise en mouvement des pales	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Projection de glace sur cible	2
« I » les scénarios concernant l'incendie							
I01	Conditions climatiques humides / Gel	Surtension	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7a et N°7b)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Animaux (Rongeur, marsupial)	Surtension	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7a et N°7b)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie Fumées Toxiques / Pollution des sols	2
I03	Dysfonctionnement électrique	Surtension	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7a et N°7b)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie Fumées Toxiques / Pollution des sols	2
I04	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques	X	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 Fumées Toxiques / Pollution des sols	2
I05	Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques	X	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de Conception N°9a) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie Fumées Toxiques / Pollution des sols	2
I06	Désaxage de la génératrice	Echauffement des parties mécaniques	X	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 Fumées Toxiques / Pollution des sols	2
I07	Défaut d'étanchéité (fuite de liquide de refroidissement)	Perte de confinement	X	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie Fumées Toxiques / Pollution des sols	2
I08	Feu de végétation	Perte de confinement (fuite de liquide)	X	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Protection et intervention incendie (N°7a)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie Fumées Toxiques / Pollution des sols	2
I10	Dysfonctionnement électrique	X	Court-circuit	Départ de feu d'un équipement électrique	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7a)	Propagation de l'incendie Fumées toxiques / pollutions des sols	2
I11	Animaux (rongeur, marsupial)	Surtension	Court-circuit	Départ de feu d'un équipement électrique	X	Propagation de l'incendie Fumées toxiques / pollutions des sols	2
I12	Conditions climatiques humides / Gel	Surtension	X	Départ de feu d'un équipement électrique	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7a)	Propagation de l'incendie Fumées toxiques / pollutions des sols	2

I13	Pièce défectueuse / défaut de lubrification	Surtension	X	Départ de feu d'un équipement électrique	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de Conception N°9a) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Propagation de l'incendie Fumées toxiques / pollutions des sols	2
I14	Désaxage de la génératrice	Echauffement des parties mécaniques	X	Départ de feu d'un équipement électrique	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Fumées toxiques / pollutions des sols Propagation de l'incendie Fumées Toxiques / Pollution des sols	2
I15	Survitesse / emballement	Echauffement des parties mécaniques	X	Départ de feu d'un équipement électrique	Prévenir la survitesse (N°4)	Propagation de l'incendie Fumées toxiques / pollutions des sols	2
I16	Intervention mal adaptée	X	X	Départ de feu d'un équipement électrique	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Propagation de l'incendie Fumées toxiques / pollutions des sols	2
I17	Malveillance	X	X	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	X	Propagation de l'incendie Fumées Toxiques / Pollution des sols	2
I18	Dysfonctionnement électrique	X	Court-circuit	Incendie du ou des poste(s) de transformation	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7a)	Propagation de l'incendie Fumées toxiques / pollutions des sols	2
I19	Animaux (rongeur, marsupial)	Surtension	Court-circuit	Incendie du ou des poste(s) de transformation	X	Propagation de l'incendie Fumées toxiques / pollutions des sols	2
I20	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Incendie du ou des poste(s) de transformation	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7a)	Propagation de l'incendie Fumées toxiques / pollutions des sols	2
I21	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement (fuite de liquide)	X	Incendie du ou des poste(s) de transformation	Protection et intervention incendie (N°7b) Prévention et rétention des fuites (N°8)	Propagation de l'incendie Fumées toxiques / pollutions des sols	2
I22	Feu de végétation	X	X	Incendie du ou des postes de transformation	Protection et intervention incendie (N°7a)	Propagation de l'incendie Fumées toxiques / pollutions des sols	2
I23	Malveillance	X	Court-circuit	Incendie du ou des postes de transformation	X	Propagation de l'incendie Fumées toxiques / pollutions des sols	2
« F » les scénarios concernant les fuites							
F01	Fuite système de lubrification Fuite du liquide de refroidissement du convertisseur Fuite au niveau du transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	X	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	X	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 mécanique : défaut au niveau des charnières de la trappe de visite	X	X	Chute d'éléments de l'éolienne (hors pale)	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9b)	Projection sur cible	1
C02	Défaillance de fermeture du toit de la nacelle lors d'un contrôle réglementaire	Fatigue du matériel	X	Chute d'éléments de l'éolienne (hors pale)	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection sur cible	1
C03	Défaut sur les pales et sur la fixation pale-moyeu	Chute de pales ou fragments de pales	X	Chute d'éléments de l'éolienne (hors pale)	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection sur cible	1
CO4	Défaut de maintenance : mauvais serrage des vis de la trappe de visite	Détachement des vis de la trappe de visite	X	Chute d'éléments de l'éolienne (hors pale)	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection sur cible	1
C05	Fatigue du matériel	Rupture de fixation des aérofreins Rupture du *spinner*	X	Chute d'élément de l'éolienne (hors pale)	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de conception N°9a	Projection sur cible	1

C06	Vent violent	Rupture du spinner Rupture des boulons de fixation des accumulateurs hydrauliques Rupture du collier de la pale	X	Chute d'éléments de l'éolienne (hors pale)	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de Conception N°9a) Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase d'Exploitation N°9c) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques (N°13)	Projection sur cible	1
C07	Problème de montage de l'éolienne	Desserrage d'une vis anti-rotation de l'aérofrein	X	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de construction N°9b)	Projection sur cible	1
C08	Défaut électronique	Fatigue du matériel	Rupture de l'axe de fixation de l'aérofrein	Chute d'éléments de l'éolienne (hors pale)	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation N°9c)	Projection sur cible	1
C09	Défaut de conception	X	X	Chute d'éléments de l'éolienne (hors pale)	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de Conception N°9a)	Projection sur cible	1
C010	Problème de montage des serrations	X	X	Chute d'éléments de l'éolienne (hors pale)	Prévenir les erreurs de maintenance (N°9b)	Projection sur cible	1
CO11	Rupture du système mécanique de commande de l'aérofrein	Rupture de l'axe en carbone de maintien de l'aérofrein	X	Chute d'éléments de l'éolienne (hors pale)	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation N°9c)	Projection sur cible	1
C012	Défaut d'assemblage des boulonnages du carénages	X	X	Chute d'éléments de l'éolienne (hors pale)	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de construction N°9b)	Projection sur cible	1
« S » les scénarios concernant la survitesse							
S01	Défaut de montage du système électriqued'alimentation des 3 axes	Défaillance de l'alimentation en énergie sur les 3 axes	Défaillance du système pitch sur les 3 axes Système de freinage aérodynamique non- fonctionnel	Survitesse / emballement	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de construction N°9b) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir la survitesse (N°4)	Choc contre machine/ mât de l'éolienne Chute / Rupture de pale(s)	2
S02	Non-détection de perte d'alimentation électrique du système pitch	Défaillance de l'alimentation en énergie sur les 3 axes	Défaillance du système pitch sur les 3 axes Système de freinage aérodynamique non- fonctionnel	Survitesse / emballement	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de construction N°9b) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir la survitesse (N°4)	Choc contre machine/ mât de l'éolienne Chute / Rupture de pale(s)	2
S03	Pas d'alimentation électrique ou défaillance des batteries	Défaillance de l'alimentation en énergie sur les 3 axes	Défaillance du système pitch sur les 3 axes Système de freinage aérodynamique non- fonctionnel	Survitesse / emballement	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de construction N°9b) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir la survitesse (N°4)	Choc contre machine/ mât de l'éolienne Chute / Rupture de pale(s)	2
S04	Erreur d'application de la procédure de maintenance des systèmes électriques	Défaillance de l'alimentation en énergie sur les 3 axes Problème au niveau de la commande du système pitch	Défaillance du système pitch sur les 3 axes Système de freinage aérodynamique non- fonctionnel	Survitesse / emballement	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de construction N°9b) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir la survitesse (N°4)	Choc contre machine/ mât de l'éolienne Chute / Rupture de pale(s)	2
S05	Défaut du matériel électrique à la conception ou en cours de fonctionnement	Défaillance de l'alimentation en énergie sur les 3 axes Problème au niveau de la commande du système pitch	Défaillance du système pitch sur les 3 axes Système de freinage aérodynamique non- fonctionnel	Survitesse / emballement	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de construction N°9b) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir la survitesse (N°4)	Choc contre machine/ mât de l'éolienne Chute / Rupture de pale(s)	2
S06	Défaut de conception mécanique de l'un ou des3 axes	Défaillance mécanique sur les 3 axes	Défaillance du système pitch sur les 3 axes Système de freinage aérodynamique non- fonctionnel	Survitesse / emballement	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de construction N°9b) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir la survitesse (N°4)	Choc contre machine/ mât de l'éolienne Chute / Rupture de pale(s)	2
S07	Usure anormale	Défaillance mécanique sur les 3 axes	Défaillance du système pitch sur les 3 axes Système de freinage aérodynamique non- fonctionnel	Survitesse / emballement	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir la survitesse (N°4)	Choc contre machine/ mât de l'éolienne Chute / Rupture de pale(s)	2
S08	Erreur d'application de la procédure de maintenance des systèmes mécaniques	Défaillance mécanique sur les 3 axes	Défaillance du système pitch sur les 3 axes Système de freinage aérodynamique non- fonctionnel	Survitesse / emballement	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir la survitesse (N°4)	Choc contre machine/ mât de l'éolienne Chute / Rupture de pale(s)	2

S09	Erreur de pilotage à distance	X	Défaillance du système pitch sur les 3 axes Système de freinage aérodynamique non- fonctionnel	Survitesse / emballement	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir la survitesse (N°4)	Choc contre machine/ mât de l'éolienne Chute / Rupture de pale(s)	2
S010	Défaillances différentes mais affectant les 3 axes	X	Défaillance du système pitch sur les 3 axes Système de freinage aérodynamique non- fonctionnel	Survitesse / emballement	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir la survitesse (N°4)	Choc contre machine/ mât de l'éolienne Chute / Rupture de pale(s)	2
« E» les scénarios concernant l'effondrement							
E01	Malveillance	Agressions externes	Contraintes trop importantes sur la machine	Effondrement de l'éolienne	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Chute, projection, dispersion d'éléments d'éolienne Déversement de produits	2
E02	Phénomènes géologiques / sismiques	Agressions externes	Contraintes trop importantes sur la machine	Effondrement de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de construction N°9b) Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de Conception N°9a) Prévention et rétention des fuites (N°8)	Chute, projection, dispersion d'éléments d'éolienne Déversement de produits	2
E03	Phénomènes météorologiques exceptionnels	Agressions externes	Contraintes trop importantes sur la machine	Effondrement de l'éolienne	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne	Chute, projection, dispersion d'éléments d'éolienne Déversement de produits	2
E04	Survitesse / emballement	X	Contraintes trop importantes sur la machine	Effondrement de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de Conception N°9a) Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase d'Exploitation N°9c) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) Prévenir la survitesse (N°4) Prévenir la dégradation de l'état des équipements(N°11)Prévention et rétention des fuites (N°8)	Chute, projection, dispersion d'éléments d'éolienne Déversement de produits	2
E05	Rupture / chute de pale	Déséquilibre du rotor Impact pale contre tour Projections de débris Chute de débris	Contraintes trop importantes sur la machine	Effondrement de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de Conception N°9a)Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase d'Exploitation N°9c)Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12)Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques (N°13)Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9b)Prévenir les effets de la foudre (N°6)Prévention et rétention des fuites (N°8)	Chute, projection, dispersion d'éléments d'éolienne Déversement de produits	2
E07	Problème d'exécution /réalisation de la fondation	Problème au niveau de la fondation	X	Effondrement de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9b) Prévention et rétention des fuites (N°8)	Chute, projection, dispersion d'éléments d'éolienne Déversement de produits	2
E08	Impact aéronef	Impact contre machine	Contraintes trop importantes sur la machine	Effondrement de l'éolienne	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Chute, projection, dispersion d'éléments d'éolienne Déversement de produits	2
E09	Impact engins de levage	Impact contre machine	Contraintes trop importantes sur la machine	Effondrement de l'éolienne	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Chute, projection, dispersion d'éléments d'éolienne Déversement de produits	2
E010	Effet domino d'autres installations	Impact contre machine	Contraintes trop importantes sur la machine	Effondrement de l'éolienne	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Chute, projection, dispersion d'éléments d'éolienne Déversement de produits	2
E011	Défaut de fabrication de la tour	Défaillance au niveau d'une ou plusieurs connexions	Défaillance de la tour	Effondrement de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation N° 9b) Prévention et rétention des fuites (N°8)	Chute, projection, dispersion d'éléments d'éolienne Déversement de produits	2
E012	Composants défectueux ou inadaptés	Défaillance au niveau d'une ou plusieurs connexions	Défaillance de la tour	Effondrement de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de Conception N°9a) Prévention et rétention des fuites (N°8)	Chute, projection, dispersion d'éléments d'éolienne Déversement de produits	2
E013	Problème / erreur lors du montage	Défaillance au niveau d'une ou plusieurs connexions	Défaillance de la tour	Effondrement de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9b) Prévention et rétention des fuites (N°8)	Chute, projection, dispersion d'éléments d'éolienne Déversement de produits	2

E014	Problème / erreur lors de la maintenance	Défaillance au niveau d'une ou plusieurs connexions	Défaillance de la tour	Effondrement de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) Prévention et rétention des fuites (N°8)	Chute, projection, dispersion d'éléments d'éolienne Déversement de produits	2
« R » les scénarios concernant la rupture/chute de pale							
R01	Impact de foudre	X	X	Rupture / chute de pale	Prévenir les impacts de la foudre (N°6)	Projection de débris Chute de débris Déséquilibre du rotor Impact contre élément de machine	2
R02	Malveillance	Agressions externes	Contraintes trop importantes sur la machine	Rupture / chute de pale	X	Projection de débris Chute de débris Déséquilibre du rotor Impact contre élément de machine	2
R03	Phénomènes géologiques / sismiques	Agressions externes	Contraintes trop importantes sur la machine	Rupture / chute de pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase de Conception N°9a) Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9b)	Projection de débris Chute de débris Déséquilibre du rotor Impact contre élément de machine	2
R04	Phénomènes météorologiques	Agressions externes	Contraintes trop importantes sur la machine	Rupture / chute de pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9b) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques (N°13)	Projection de débris Chute de débris Déséquilibre du rotor Impact contre élément de machine	2
R07	Usure (fatigue, corrosion, fissures dans la résine)	X	X	Rupture / chute de pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques (N°13)	Projection de débris Chute de débris Déséquilibre du rotor Impact contre élément de machine	2
R08	Impact aéronef	Impact élément externe contre pale	X	Rupture / chute de pale	X	Projection de débris Chute de débris Déséquilibre du rotor Impact contre élément de machine	2
R09	Impact engins de levage	Impact élément externe contre pale	X	Rupture / chute de pale	X	Projection de débris Chute de débris Déséquilibre du rotor Impact contre élément de machine	2
R10	Effet domino d'autresinstallations	Impact élément externe contre pale	X	Rupture / chute de pale	X	Projection de débris Chute de débris Déséquilibre du rotor Impact contre élément de machine	2
R11	Problème au niveau de la connexion pale / moyeu	X	X	Rupture / chute de pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (Phase d'Exploitation N°9c)	Projection de débris Chute de débris Déséquilibre du rotor Impact contre élément de machine	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 10.4 du présent rapport.

7.5 Effets dominos

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

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. Dans le cadre du projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube aucune installation classée n'est identifiée dans un rayon de 500 m autour de chaque aérogénérateur (zone d'étude des dangers) et par conséquent à moins de 100 m de ceux-ci. **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 assigné. 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, un essai d'arrêt d'urgence et un essai 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

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 (à distance, et en vérifiant qu'aucun bien, ni personne, n'est dans la zone à risque).		
Description	Système de détection ou de déduction – redondant ou non – du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non. Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. 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 de l'éolienne, hors des zones de chute de glace. Maintien d'une distance de sécurité entre la zone à risque et les zones fréquentées. Pour le risque de chute de glace, cette zone correspond au survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre du rotor. Concernant le risque de projection, cette zone correspond à un disque de rayon égal à 1,5 x (hauteur du mât + diamètre du rotor).		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Non applicable.		
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. Redressement du panneau si celui-ci est renversé au sol.		

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.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Efficacité	100 %.		
Tests	Suivi des courbes de températures.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois après mise en service industrielle, puis contrôle annuel, puis tous les 3 ans (4 ans après MSI), conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

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 d'un frein mécanique auxiliaire.		
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.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010). Dispositif de capture + mise à la terre. Parasurtenseurs sur les circuits électriques.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif.		
Efficacité	100 %.		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance 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. Vérification de la mise à la terre tous les deux ans ; vérification visuelle en même temps que la maintenance préventive, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

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	Vérifier le bon fonctionnement des détecteurs de fumée, des alarmes incendie et des capteurs de températures		
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 fabriquant 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.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : ● de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; ● d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; ● de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite.		
Efficacité	100 %.		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an.		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9a
Mesures de sécurité	Conformité aux normes de conception IEC		
Description	La norme IEC 61 400-1 de juin 2006 intitulée "Exigence de conception" spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Le respect à cette norme est notamment attesté par la fourniture d'un certificat.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Non applicable.		
Efficacité	100 %.		
Tests	/		
Maintenance	Non applicable.		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9b
Mesures de sécurité	Contrôles pendant la phase de construction		

Description	Mise en place de système de contrôle interne ou externe en phase construction. Production de rapport permettant une traçabilité (outils utilisés, calibration des outils, suivi des éventuelles non-conformité)
Indépendance	Oui.
Temps de réponse	Non applicable.
Efficacité	100 %.
Tests	/
Maintenance	Non applicable.

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9c
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) pendant la phase Exploitation		
Description	Le contrôle des brides doit se faire selon la périodicité suivante : • 3 mois après MSI ; • 1 an après MSI ; • Tous les 3 ans (soit 4 ans après MSI). Contrôle visuel des pales doit être réalisé tous les 6 mois. Contrôle des SIS doit être réalisé tous les ans. Réalisation d'un rapport pour chacun de ces contrôles.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Non applicable.		
Efficacité	100 %.		
Tests	Non applicable.		
Maintenance	Non applicable.		

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 %.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
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.		
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. Inspection des équipements lors des maintenances planifiées		
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	Non applicable		
Efficacité	100 %.		
Tests	Non applicable		
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.

7.7 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 :

Tableau 12 : 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/m² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison	En cas d'incendie d'un poste de livraison, les effets ressentis à l'extérieur du bâtiment seront mineurs ou inexistants du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011) 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube 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 les probabilité, gravité, cinétique et intensité de ces événements, il est possible de caractériser les risques pour toutes les séquences d'accidents.

8 ÉTUDE DETAILLEE 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 87
8.1.1 Cinétique 87
8.1.2 Intensité 87
8.1.3 Gravité 87
8.1.4 Probabilité 88
8.2 Caractérisation des scénarios retenus 88
8.2.1 Effondrement de l'éolienne 89
8.2.2 Chute de glace 90
8.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne 92
8.2.4 Projection de pale ou de fragments de pale 93
8.2.5 Projection de glace 95
8.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques 97
8.3.1 Tableau de synthèse des scénarios étudiés 97
8.3.2 Synthèse d'acceptabilité des risques 97
8.3.3 Cartographie des risques 98

inddigo

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 2005[9].

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

[9] 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 tout ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou tout 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 décroit 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 13 : 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% ≤ x ≤ 5 %
Exposition modérée	x < 1 %

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

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 14 : 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 15 : 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*** Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	***Rare*** S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	***Extrêmement rare*** Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

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

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

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

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

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

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

P_{ERC} = probabilité que l'événement 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

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

8.2 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.

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

hauteur en bout de pale : 207,5 m ;
diamètre du rotor : 163 m ;
rayon du rotor : 81,5 ;
longueur de la pale : 80 m ;
largeur maximale de la pale (corde) : 4,2 m ;
hauteur du moyeu : 126 m ;
largeur de la base du mât : 4,5 m

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 non structurantes** dont le trafic est inférieur à 2 000 véhicules/jour (D373, chemins et sentiers incluant les pistes d'accès aux éoliennes et leurs plateformes) : une exposition d'**une personne pour 10 ha**. La largeur retenue pour ces voies sera de 5 m (valeur maximisante).

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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, ce rayon est de 207,5 **m**.

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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube. R est le rayon du rotor (R = 81,5 m), H la hauteur du moyeu (H = 126 m), L la largeur de la base du mât (L = 4,5 m), LP est la longueur de la pale (LP = 80 m) et LB la largeur maximale de la pale (LB= 4,2 m).

Tableau 16 : 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 = 207,5 m)			
Zone d'impact en m²	***Zone d'effet du phénomène étudié en m²***	***Degré d'exposition du phénomène étudié en %***	***Intensité***
Z_i = HxL + 3xLPxLB/2	$Z_e = \pi \times (H+R)^2$	$d = Z_i / Z_e$	
1 071 m²	135 265 m²	0,79 % (< 1 %)	**Exposition modérée**

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 17 : 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 = 207,5 m)								
Éolienne	*terrains non aménagés (1/100 ha)*		*Pistes d'accès et plateformes*		*Chemins et sentiers*		*Somme des personnes permanentes*	*Gravité*
	Surface (m²)	*Personnes permanentes*	*Surface (m²)*	*Personnes permanentes*	*Surface (m²)*	*Personnes permanentes*		
E1	130142	0,13	3213	0,03	1910	0,04	0,20	Modéré
E2	130135	0,13	3220	0,03	1910	0,04	0,20	Modéré
E3	128874	0,13	3206	0,03	3185	0,06	0,22	Modéré
E4	128385	0,13	3260	0,03	3620	0,07	0,23	Modéré
E5	130651	0,13	2549	0,03	2065	0,04	0,20	Modéré
E6	129521	0,13	2549	0,03	3195	0,06	0,22	Modéré
E7	130650	0,13	2550	0,03	2065	0,04	0,20	Modéré
E8	129822	0,13	2548	0,03	2895	0,06	0,21	Modéré
E9	131063	0,13	4202	0,04	0	0,00	0,17	Modéré
E10	129668	0,13	3662	0,04	1935	0,04	0,20	Modéré
E11	131744	0,13	3521	0,04	0	0,00	0,17	Modéré
E12	129901	0,13	3474	0,03	1890	0,04	0,20	Modéré

8.2.1.4 Probabilité

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

Tableau 18 : Probabilités d'effondrement d'éolienne retenues dans la littérature

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines[10]	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distances[11]	$1,8 \times 10^{-4}$ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience[12], soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

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

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

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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 19 : 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 = 207,5 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

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 (0,23 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 WECO[13], 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

[10] 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.
[11] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004.
[12] 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.
[13] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000.

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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, la zone d'effet a donc un **rayon de 81,5 m**.

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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube. 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 20 : 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)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
Z_i=SG	Z_e=π x R²	d=Zi/Ze	
1 m²	2 867 m²	0,005 % (< 1 %)	**Exposition modérée**

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

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 21 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de chute de glace et gravité associée

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale = 81,5 m)								
Éolienne	*terrains non aménagés (1/100 ha)*		*Pistes d'accès et plateformes*		*Chemins et sentiers*		*Somme des personnes permanentes*	*Gravité*
	Surface (m²)	*Personnes permanentes*	*Surface (m²)*	*Personnes permanentes*	*Surface (m²)*	*Personnes permanentes*		
E1	17509	0,014	3213	0,032	145	0,00	**0,05**	Modéré
E2	17507	0,014	3220	0,032	140	0,00	**0,05**	Modéré
E3	17526	0,014	3206	0,032	135	0,00	**0,05**	Modéré
E4	17607	0,014	3260	0,033	0	0,00	**0,05**	Modéré
E5	17528	0,014	2549	0,025	790	0,02	**0,06**	Modéré
E6	17038	0,013	2549	0,025	1280	0,03	**0,06**	Modéré
E7	17522	0,014	2550	0,026	795	0,02	**0,06**	Modéré
E8	17524	0,014	2548	0,025	795	0,02	**0,06**	Modéré
E9	17681	0,014	3186	0,032	0	0,00	**0,05**	Modéré
E10	17373	0,014	3154	0,032	340	0,01	**0,05**	Modéré
E11	17855	0,015	3012	0,030	0	0,00	**0,04**	Modéré
E12	17515	0,014	3352	0,034	0	0,00	**0,05**	Modéré

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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 22 : 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

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*
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable
E10	Modérée	Acceptable
E11	Modérée	Acceptable
E12	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 (0,06 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**.

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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube. 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 = 80 m), et LB la largeur maximale de la pale (LB = 4,2 m).

Tableau 23 : 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 = 81,5 m)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
Z_i=LP x LB/2	Z_e=π x R²	d=Z_i/Z_e	
168 m²	20 867 m²	0,81 % (< 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 ".

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

Tableau 24 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de chute d'éléments et gravité associée

Chute d'éléments (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol du rotor = 81,5 m)								
Éolienne	*terrains non aménagés (1/100 ha)*		*Pistes d'accès et plateformes*		*Chemins et sentiers*		*Somme des personnes permanentes*	*Gravité*
	Surface (m²)	*Personnes permanentes*	*Surface (m²)*	*Personnes permanentes*	*Surface (m²)*	*Personnes permanentes*		
E1	17509	0,014	3213	0,032	145	0,003	**0,05**	Modéré
E2	17507	0,014	3220	0,032	140	0,003	**0,05**	Modéré
E3	17526	0,014	3206	0,032	135	0,003	**0,05**	Modéré
E4	17607	0,014	3260	0,033	0	0,000	**0,05**	Modéré
E5	17528	0,014	2549	0,025	790	0,016	**0,06**	Modéré
E6	17038	0,013	2549	0,025	1280	0,026	**0,06**	Modéré
E7	17522	0,014	2550	0,026	795	0,016	**0,06**	Modéré
E8	17524	0,014	2548	0,025	795	0,016	**0,06**	Modéré
E9	17681	0,014	3186	0,032	0	0,000	**0,05**	Modéré
E10	17373	0,014	3154	0,032	340	0,007	**0,05**	Modéré
E11	17855	0,015	3012	0,030	0	0,000	**0,04**	Modéré
E12	17515	0,014	3352	0,034	0	0,000	**0,05**	Modéré

8.2.3.4 Probabilité

Peu d'élément 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'événement.

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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 25 : 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
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable
E10	Modérée	Acceptable
E11	Modérée	Acceptable
E12	Modérée	Acceptable

[14] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum

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 (0,06 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 éolienne[14].

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 mètres[15].

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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube. 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 = 80 m) et LB la largeur maximale de la pale (LB = 4,2 m).

[15] 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 ingenieurgesellschaft, 2004

Tableau 26 : 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 m²	***Zone d'effet du phénomène étudié en m²***	***Degré d'exposition du phénomène étudié en %***	***Intensité***
Z_i=LP x LB/2	Z_e=π x 500²	d=Z_i/Z_e	
168 m²	785 398 m²	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 ".

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

Tableau 27 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de projection de pale ou de fragment de pale et gravité associée

	Projection de pale (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale = 500 m)										
Éolienne	*terrains non aménagés (1/100 ha)*		*Routes non structurantes (trafic < 2000 véhicules/jour)*		*Pistes d'accès et plateformes*		*Chemins et sentiers*		Hangar agricole	Somme des personnes permanentes	Gravité
	Surface (m²)	*Personnes permanentes*	*Surface (m²)*	*Personnes permanentes*	*Surface (m²)*	*Personnes permanentes*	*Surface (m²)*	*Personnes permanentes*	Personnes permanentes		
E1	762855	0,740	3108	0,03	6690	0,067	12745	0,255	1	**2,09**	Sérieux
E2	763348	0,741	0	0,00	8905	0,089	13145	0,263	0	**1,09**	Sérieux
E3	770691	0,756	0	0,00	5037	0,050	9670	0,193	0	**1,00**	Sérieux
E4	772373	0,759	0	0,00	3270	0,033	9755	0,195	0	**0,99**	Modéré
E5	765418	0,745	4146	0,04	2549	0,025	13285	0,266	0	**1,08**	Sérieux
E6	768858	0,752	0	0,00	5005	0,050	11535	0,231	0	**1,03**	Sérieux
E7	771520	0,758	0	0,00	5903	0,059	7975	0,160	0	**0,98**	Modéré
E8	773484	0,762	0	0,00	4519	0,045	7395	0,148	0	**0,95**	Modéré
E9	763849	0,742	4218	0,04	5941	0,059	11390	0,228	0	**1,07**	Sérieux
E10	771429	0,757	0	0,00	5544	0,055	8425	0,169	0	**0,98**	Modéré
E11	776193	0,767	0	0,00	5725	0,057	3480	0,070	0	**0,89**	Modéré
E12	770689	0,756	0	0,00	6624	0,066	8085	0,162	0	**0,98**	Modéré

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[16]	1 x 10^{-6}	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines[17]	1, 1 x 10^{-3}	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances[18]	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 ».

[16] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24

[17] 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

[18] Spécification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004

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'événement.

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

- les dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre ;
- un système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- un 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 ;
- une utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.).

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

Il est considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D », 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 28 : 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	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable
E6	Sérieux	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable
E8	Modéré	Acceptable
E9	Sérieux	Acceptable
E10	Modéré	Acceptable
E11	Modéré	Acceptable
E12	Modéré	Acceptable

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 (1,09 personne maximum), le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacun des aérogénérateurs.

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 :

Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor)

Cette distance de projection est jugée conservative 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, de 433,5 **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 m^2) 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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube. 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 = 126 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Tableau 29 : 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 = 433,5 m)			
Zone d'impact en m²	***Zone d'effet du phénomène étudié en m²***	***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 m²	590 377 m²	0,0002 % (< 1 %)	**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 ".

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.

Tableau 30 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de projection de glace et gravité associée

	Projection de glace (dans un rayon de risque de projection de glace = 1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne = 433,5 m)										
Éolienne	*terrains non aménagés (1/100 ha)*		*Routes non structurantes (trafic < 2000 véhicules/jour)*		*Pistes d'accès et plateformes*		*Chemins et sentiers*		*Hangar agricole*	*Somme des personnes permanentes*	*Gravité*
	Surface (m²)	*Personnes permanentes*	*Surface (m²)*	*Personnes permanentes*	*Surface (m²)*	*Personnes permanentes*	*Surface (m²)*	*Personnes permanentes*	*Personnes permanentes*		
E1	577145	0,564	852	0,009	3470	0,035	8910	0,178	1	**1,79**	Sérieux
E2	576136	0,562	0	0,000	3476	0,035	10765	0,215	0	**0,81**	Modéré
E3	578886	0,567	0	0,000	3206	0,032	8285	0,166	0	**0,77**	Modéré
E4	578717	0,567	0	0,000	3260	0,033	8400	0,168	0	**0,77**	Modéré
E5	574526	0,559	2892	0,029	2549	0,025	10410	0,208	0	**0,82**	Modéré
E6	577656	0,565	0	0,000	3011	0,030	9710	0,194	0	**0,79**	Modéré
E7	580300	0,570	0	0,000	4177	0,042	5900	0,118	0	**0,73**	Modéré
E8	581439	0,573	0	0,000	2548	0,025	6390	0,128	0	**0,73**	Modéré
E9	573629	0,557	3048	0,030	5675	0,057	8025	0,161	0	**0,80**	Modéré
E10	579096	0,568	0	0,000	4566	0,046	6715	0,134	0	**0,75**	Modéré
E11	583816	0,577	0	0,000	4126	0,041	2435	0,049	0	**0,67**	Modéré
E12	580698	0,571	0	0,000	3474	0,035	6205	0,124	0	**0,73**	Modéré

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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 31 : 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 = 433,5 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

Acceptabilité du scénario de projection de glace

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 (0,82 personne maximum), le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacun des aérogénérateurs.

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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.

Tableau 32 : 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 (207,5 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 (évènement 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)	Sérieuse Pour E1, E2, E3, E5, E6 et E9 Modérée Pour E4, E7, E8, E10, E11 et E12
Projection de glace	Disque de 433,5 m de rayon autour du mât de l'éolienne (formule = 1,5 x (H + 2R))	Rapide	Exposition modérée	B (probable)	Sérieuse Pour E1 Modérée Pour E2 à E12

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.

eTableau 33 : Matrice d'acceptabilité des scénarios étudiés

		CLASSE DE PROBABILITÉ				
		E	D	C	B	A
GRAVITÉ DES CONSÉQUENCES	Désastreux					
	Catastrophique					
	Important					
	Sérieux		Projection de pale (E1, E2, E3, E5, E6 et E9)		Projection de glace (E1)	
	Modéré		Effondrement d'éolienne Projection de pale (E4, E7, E8, E10, E11 et E12)	Chute d'éléments	Projection de glace (E2 à E12)	Chute de glace

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 7.6 permettent de rendre ce risque acceptable.

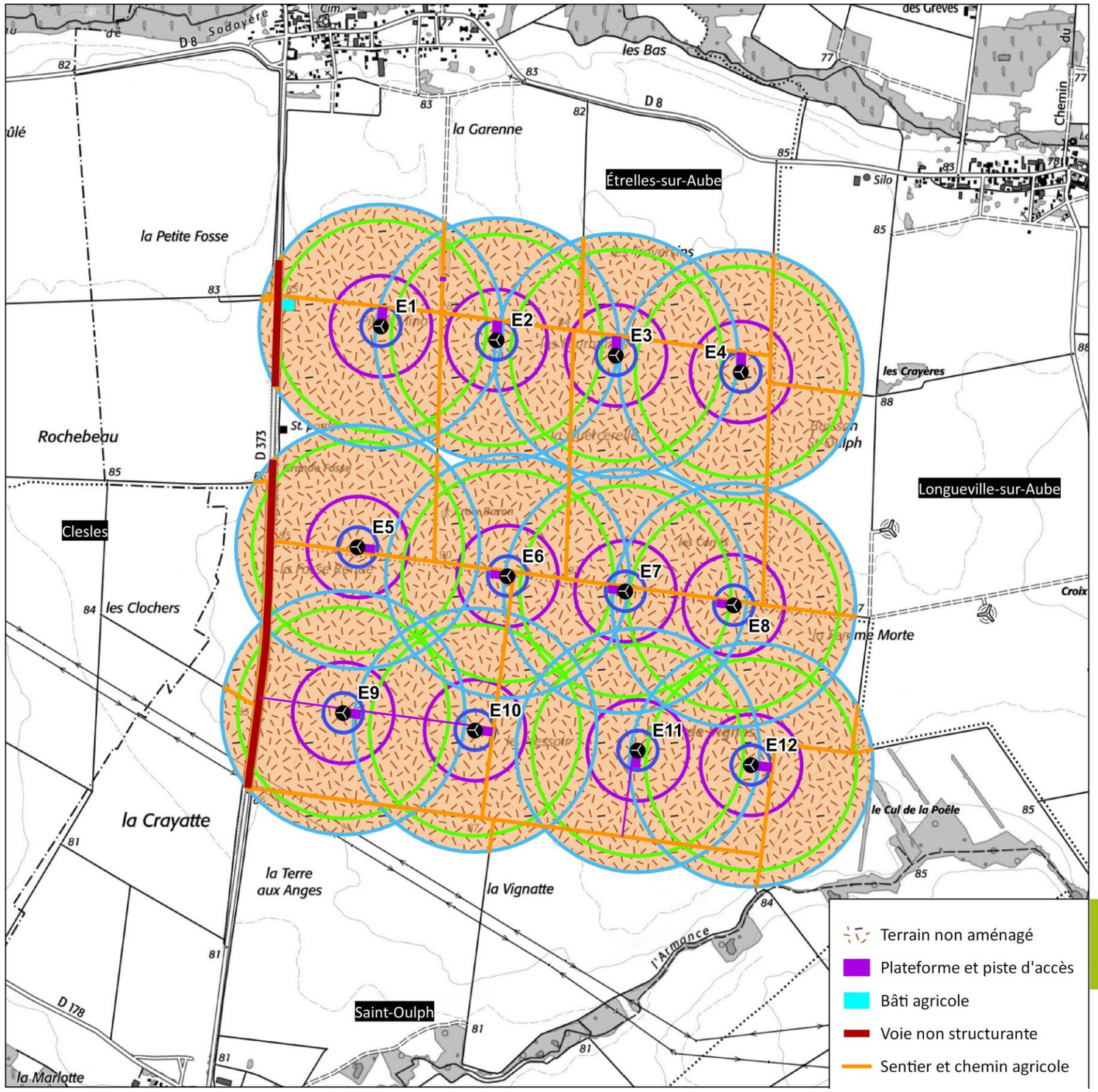
À la lumière des conclusions ci-dessus, il apparaît que les risques évalués pour la santé humaine en cas d'accident ou d'incident survenant sur le parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube sont acceptables pour chacune des éoliennes équipant le parc, et ce, au regard des activités recensés sur 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 12 aérogénérateurs du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube.



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

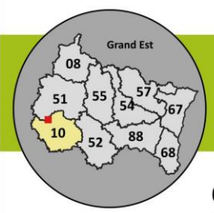
10 Aube

Synthèse des enjeux

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Projection pale (500 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 2,09
  > Gravité sérieuse (E1, E2, E3, E5, E6, E9)
- Projection de glace (433,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 1,79
  > Gravité sérieuse (E1)
- Effondrement (207,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,23
  > Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,06
  > Gravité modérée
- Chute élément (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,06
  > Gravité modérée

Intensité du risque

- Exposition modérée pour les scénarios projection de pale, projection de glace, effondrement, chute de glace et chute d'élément

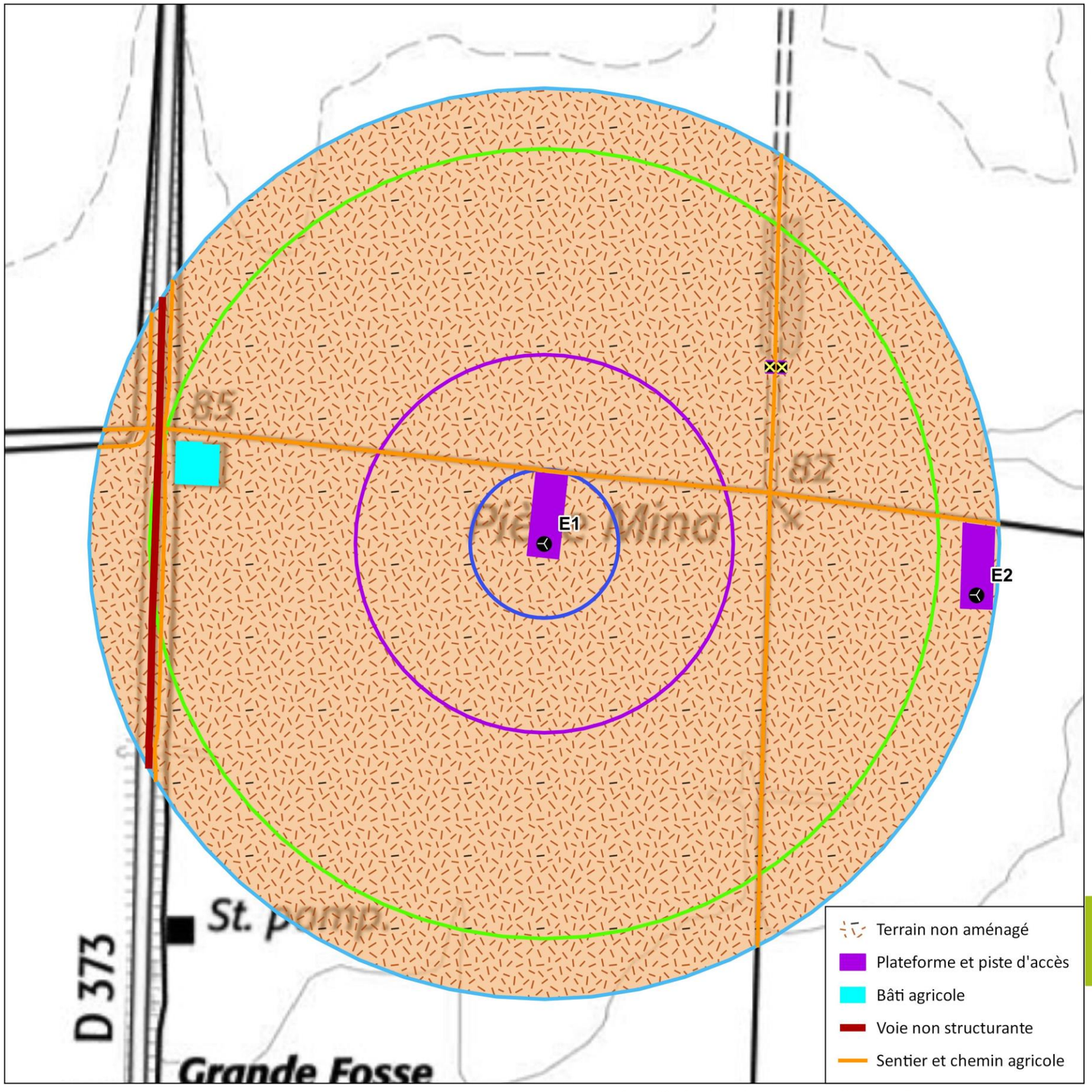


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Décembre 2024

0 250 500 m

N W E S

Carte 28 : Synthèse des risques pour les éoliennes de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

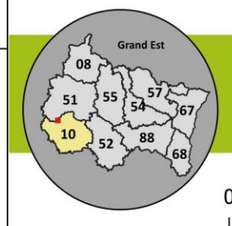
10 Aube

Synthèse des risques - E1

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Projection pale (500 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 2,09
  > Gravité sérieuse
- Projection de glace (433,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 1,79
  > Gravité sérieuse
- Effondrement (207,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,20
  > Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,05
  > Gravité modérée
- Chute élément (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,05
  > Gravité modérée

Intensité du risque

- Exposition modérée pour les scénarios projection de pale, projection de glace, effondrement, chute de glace et chute d'élément

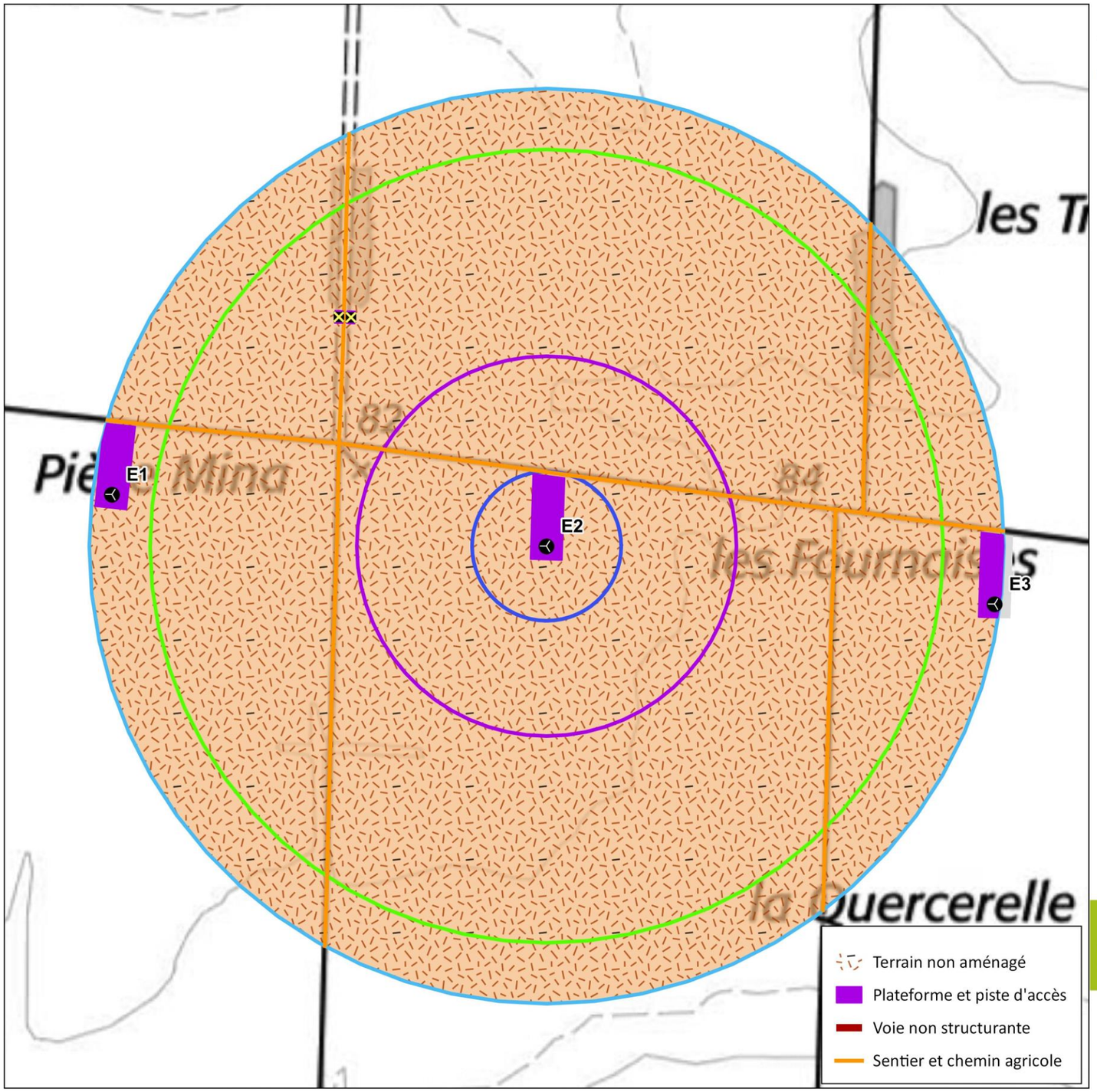


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Décembre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 29 : Synthèse des risques pour l'éolienne E1



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

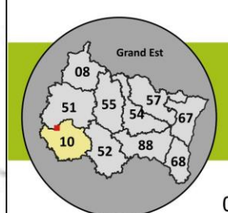
10 Aube

Synthèse des risques - E2

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Projection pale (500 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 1,09
  > Gravité sérieuse
- Projection de glace (433,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,81
  > Gravité modérée
- Effondrement (207,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,20
  > Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,05
  > Gravité modérée
- Chute élément (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,05
  > Gravité modérée

Intensité du risque

- Exposition modérée pour les scénarios projection de pale, projection de glace, effondrement, chute de glace et chute d'élément

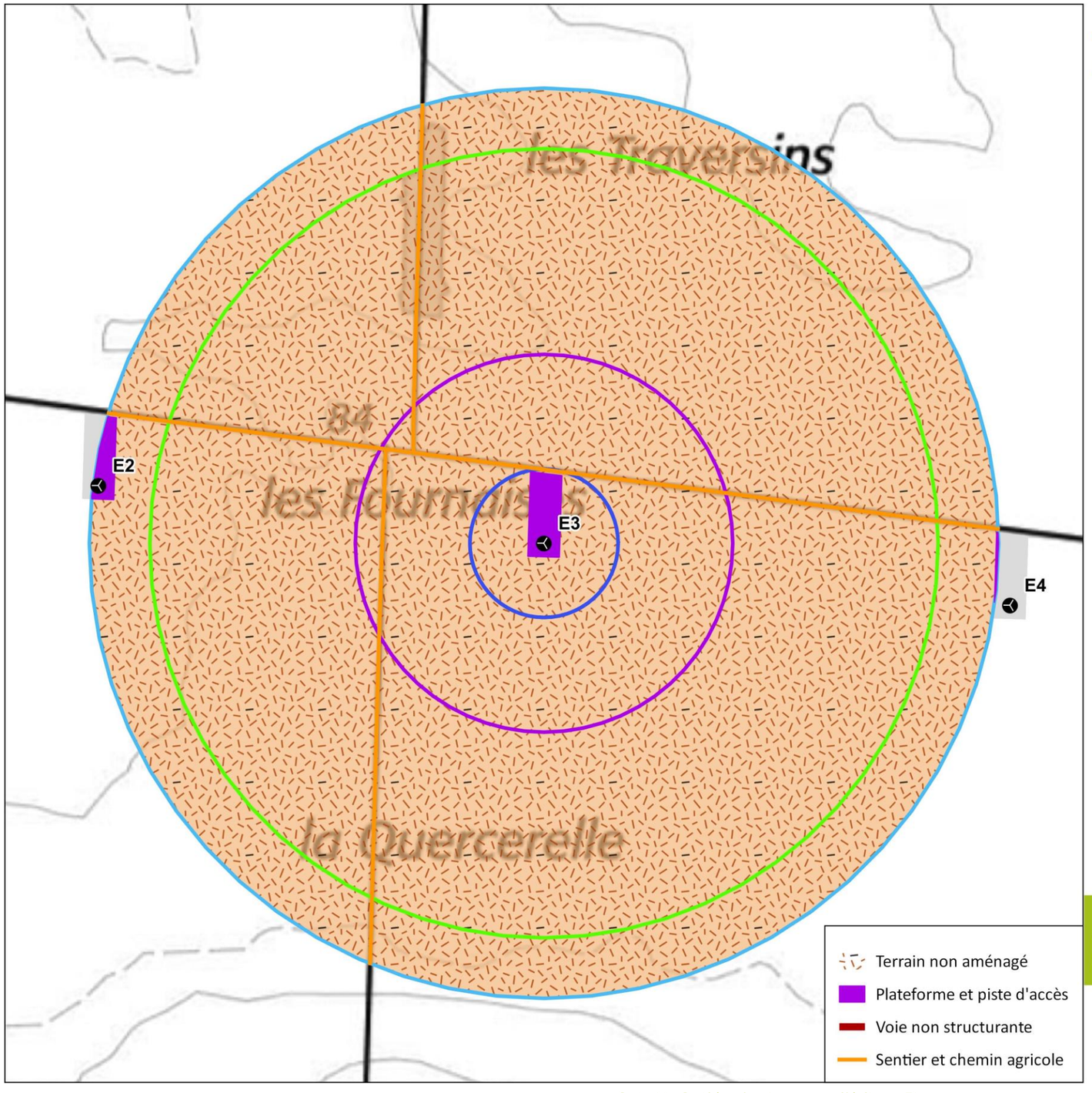


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 30 : Synthèse des risques pour l'éolienne E2



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

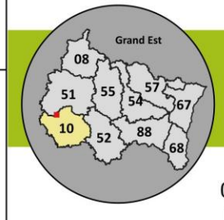
10 Aube

Synthèse des risques - E3

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Projection pale (500 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 1,00
  > Gravité sérieuse
- Projection de glace (433,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,77
  > Gravité modérée
- Effondrement (207,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,22
  > Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,05
  > Gravité modérée
- Chute élément (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,05
  > Gravité modérée

Intensité du risque

- Exposition modérée pour les scénarios projection de pale, projection de glace, effondrement, chute de glace et chute d'élément

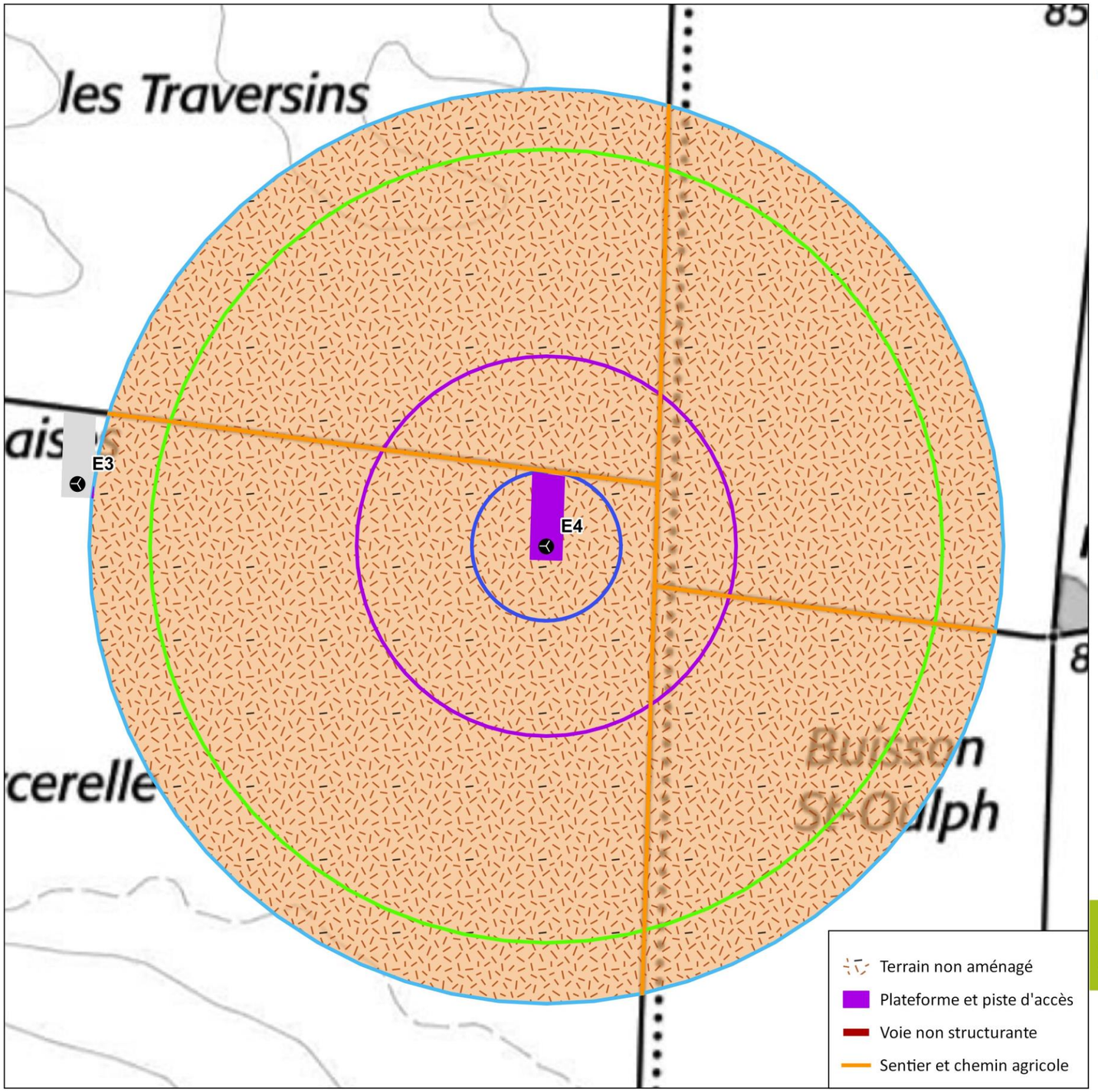


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Décembre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 31 : Synthèse des risques pour l'éolienne E3



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

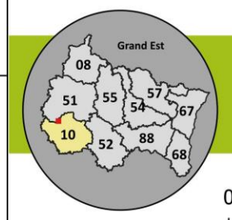
10 Aube

Synthèse des risques - E4

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Projection pale (500 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,99
  > Gravité modérée
- Projection de glace (433,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,77
  > Gravité modérée
- Effondrement (207,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,23
  > Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,05
  > Gravité modérée
- Chute élément (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,05
  > Gravité modérée

Intensité du risque

- Exposition modérée pour les scénarios projection de pale, projection de glace, effondrement, chute de glace et chute d'élément

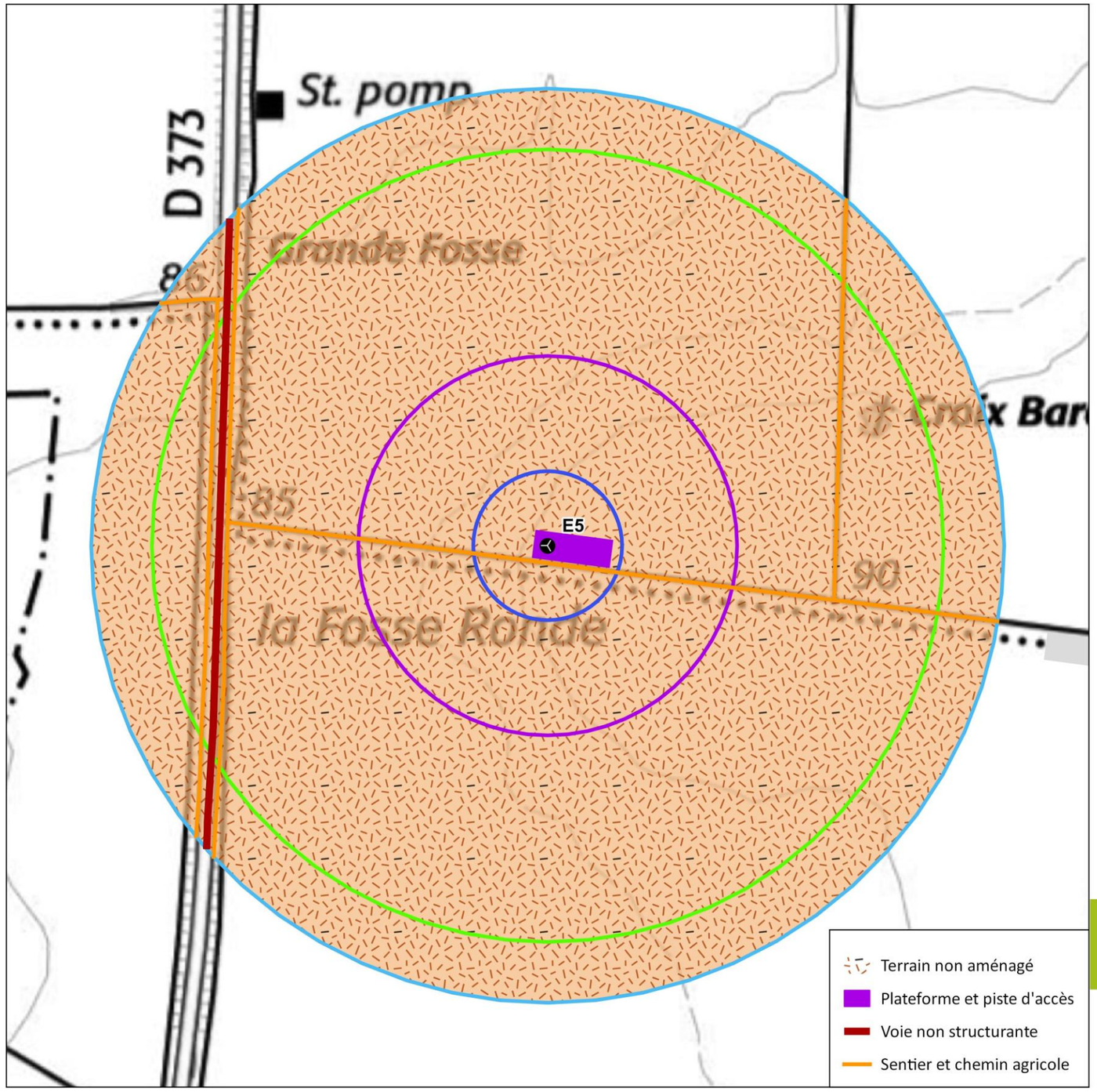


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 32 : Synthèse des risques pour l'éolienne E4



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

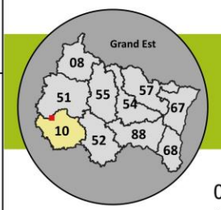
10 Aube

Synthèse des risques - E5

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Projection pale (500 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 1,08
  > Gravité sérieuse
- Projection de glace (433,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,82
  > Gravité modérée
- Effondrement (207,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,20
  > Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,06
  > Gravité modérée
- Chute élément (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,06
  > Gravité modérée

Intensité du risque

- Exposition modérée pour les scénarios projection de pale, projection de glace, effondrement, chute de glace et chute d'élément

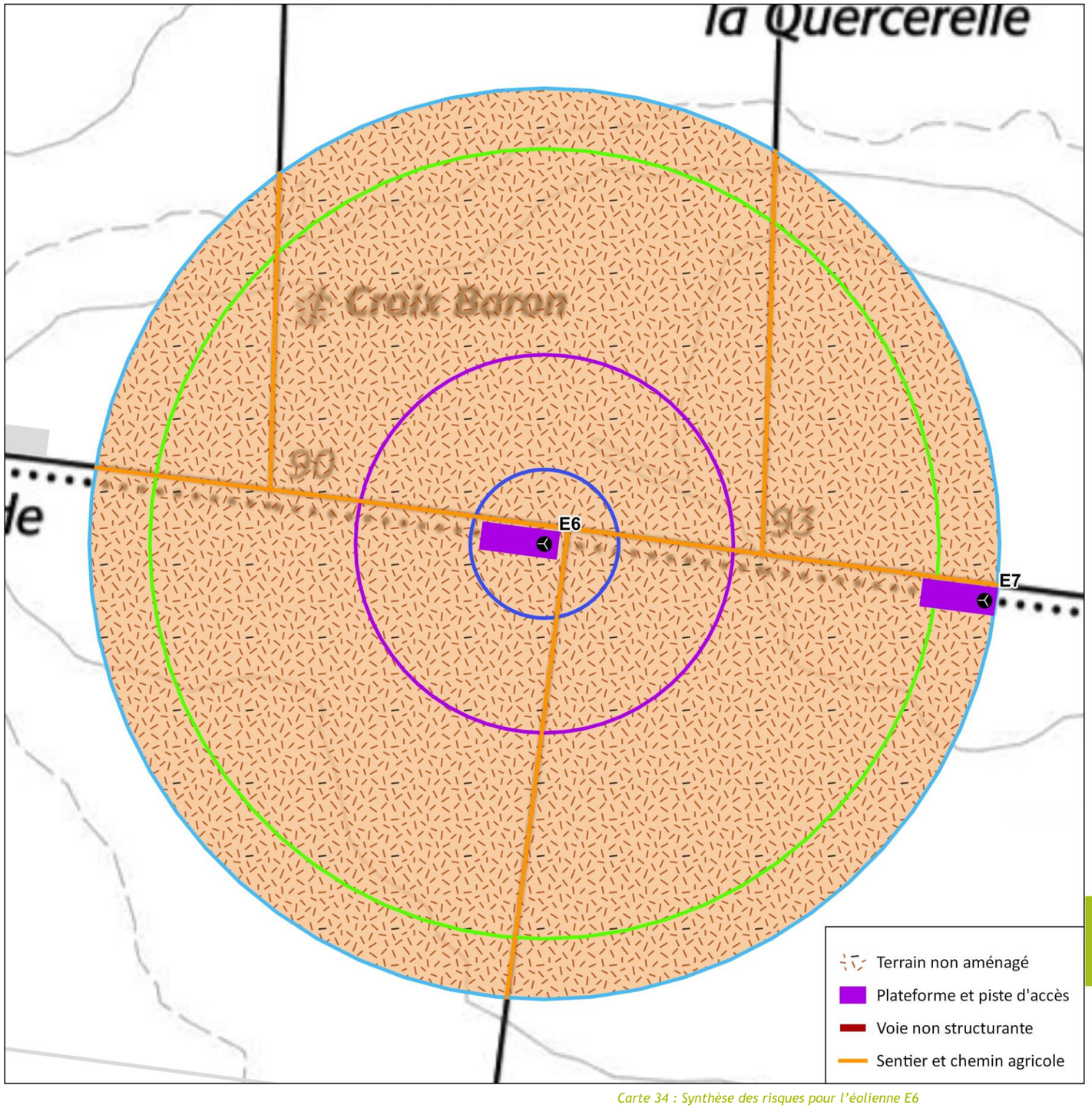


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 33 : Synthèse des risques pour l'éolienne E5



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

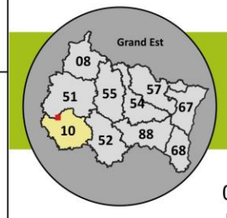
10 Aube

Synthèse des risques - E6

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Projection pale (500 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 1,03
  > Gravité sérieuse
- Projection de glace (433,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,79
  > Gravité modérée
- Effondrement (207,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,22
  > Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,06
  > Gravité modérée
- Chute élément (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,06
  > Gravité modérée

Intensité du risque

- Exposition modérée pour les scénarios projection de pale, projection de glace, effondrement, chute de glace et chute d'élément

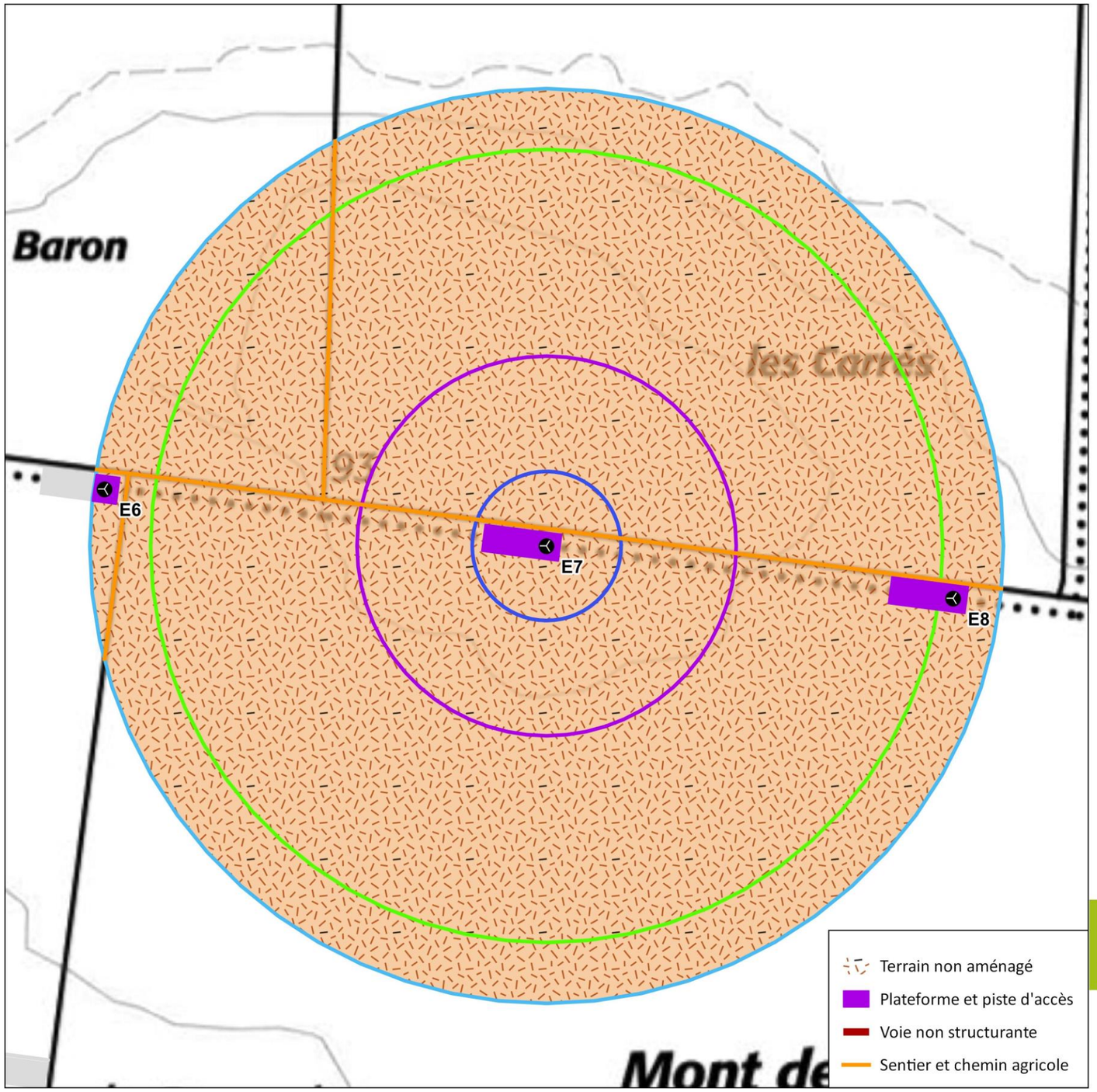


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 34 : Synthèse des risques pour l'éolienne E6



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

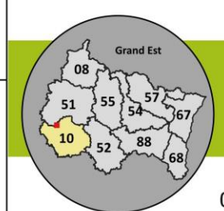
10 Aube

Synthèse des risques - E7

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Projection pale (500 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,97
  > Gravité modérée
- Projection de glace (433,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,73
  > Gravité modérée
- Effondrement (207,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,20
  > Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,06
  > Gravité modérée
- Chute élément (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,06
  > Gravité modérée

Intensité du risque

- Exposition modérée pour les scénarios projection de pale, projection de glace, effondrement, chute de glace et chute d'élément

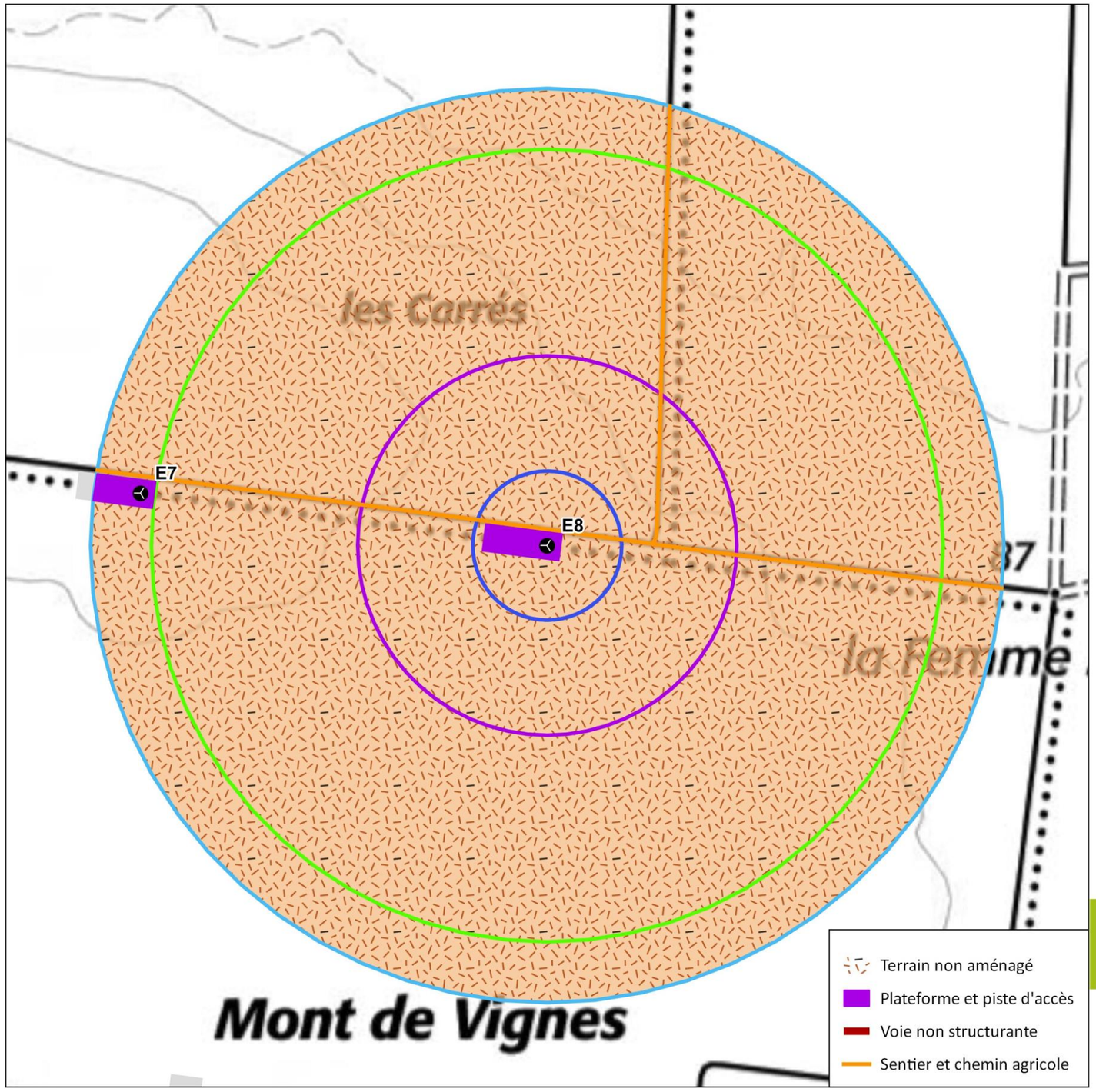


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Décembre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 35 : Synthèse des risques pour l'éolienne E7



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

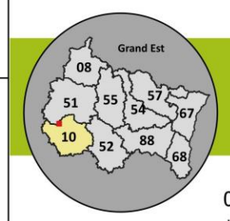
10 Aube

Synthèse des risques - E8

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Projection pale (500 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,95
  > Gravité modérée
- Projection de glace (433,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,73
  > Gravité modérée
- Effondrement (207,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,21
  > Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,06
  > Gravité modérée
- Chute élément (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,06
  > Gravité modérée

Intensité du risque

- Exposition modérée pour les scénarios projection de pale, projection de glace, effondrement, chute de glace et chute d'élément

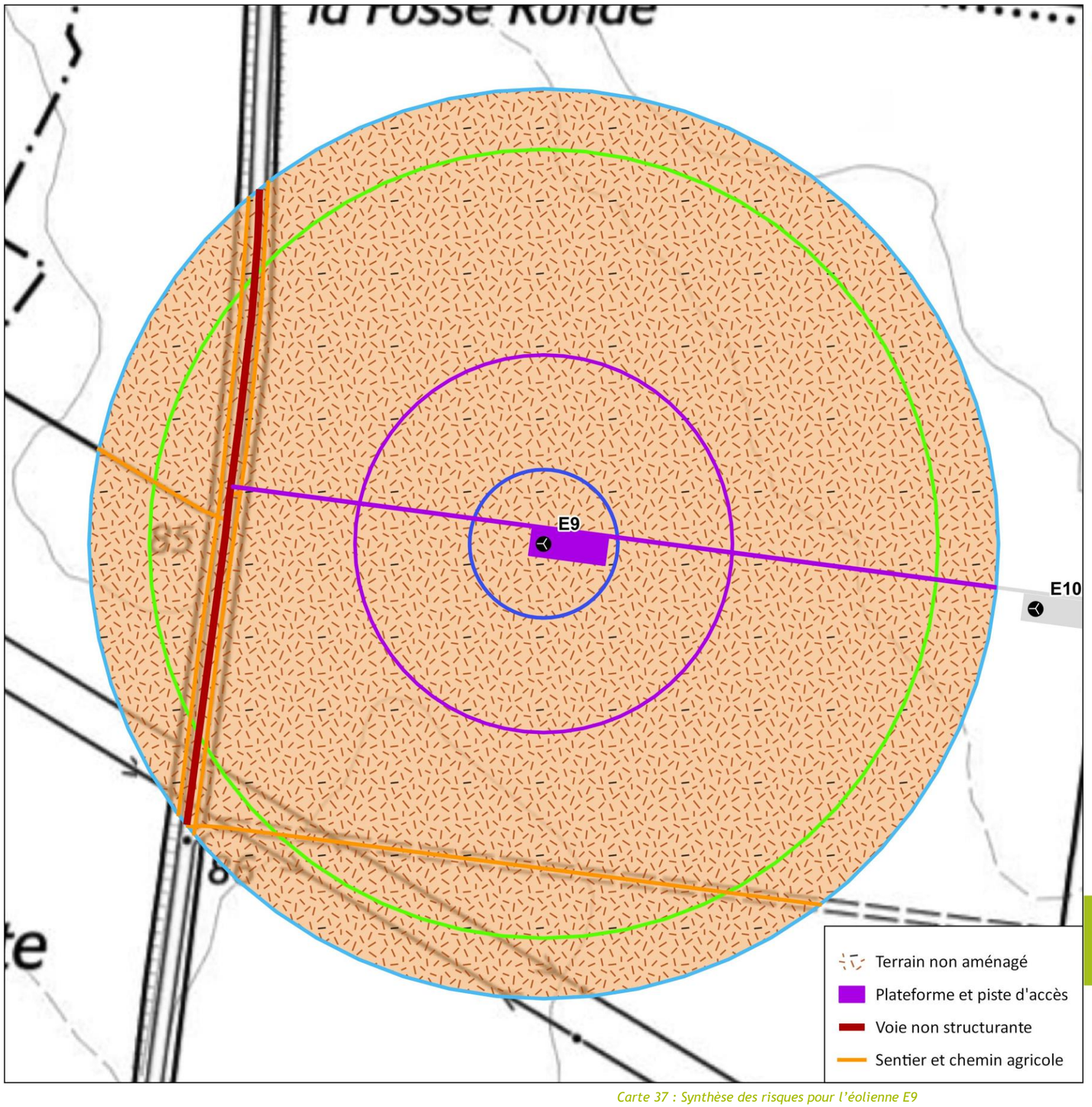


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 36 : Synthèse des risques pour l'éolienne E8



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

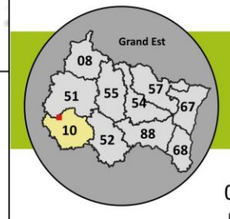
10 Aube

Synthèse des risques - E9

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Projection pale (500 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 1,07
  > Gravité sérieuse
- Projection de glace (433,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,80
  > Gravité modérée
- Effondrement (207,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,17
  > Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,05
  > Gravité modérée
- Chute élément (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,05
  > Gravité modérée

Intensité du risque

- Exposition modérée pour les scénarios projection de pale, projection de glace, effondrement, chute de glace et chute d'élément

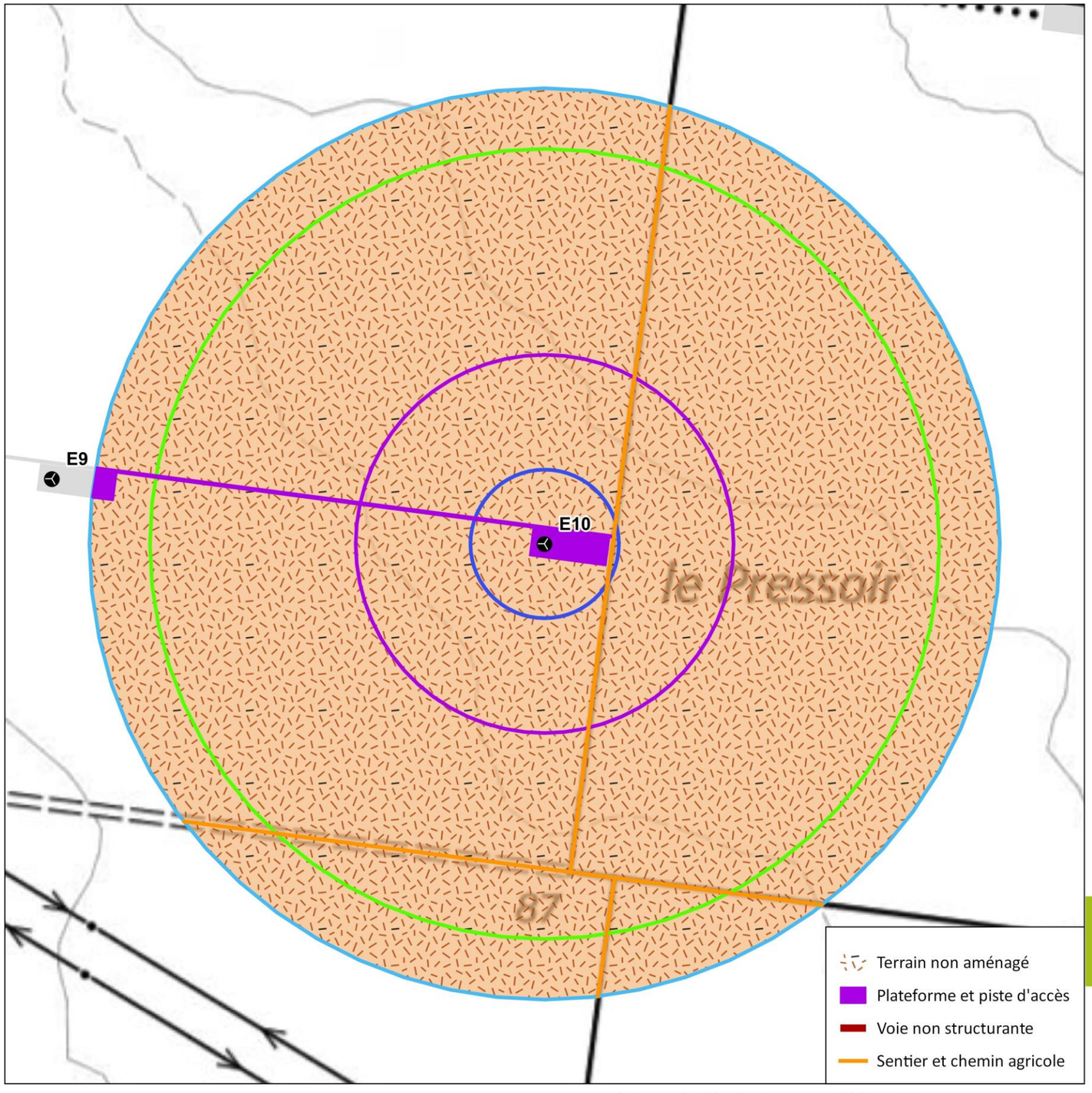


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 37 : Synthèse des risques pour l'éolienne E9



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

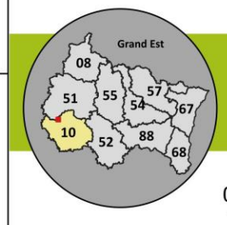
10 Aube

Synthèse des risques - E10

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Projection pale (500 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,98
  > Gravité modérée
- Projection de glace (433,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,75
  > Gravité modérée
- Effondrement (207,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,20
  > Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,05
  > Gravité modérée
- Chute élément (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,05
  > Gravité modérée

Intensité du risque

- Exposition modérée pour les scénarios projection de pale, projection de glace, effondrement, chute de glace et chute d'élément

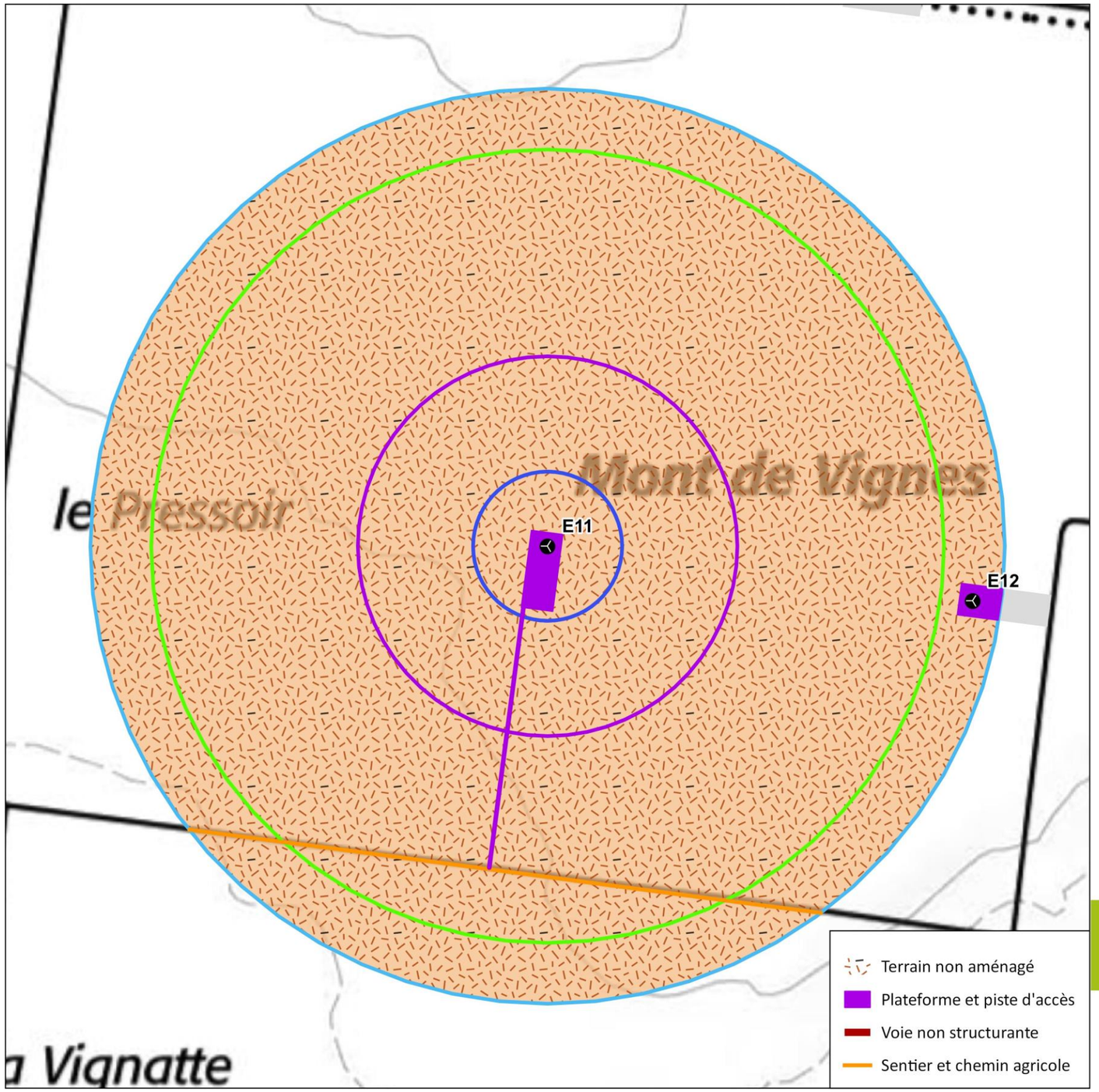


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 38 : Synthèse des risques pour l'éolienne E10



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

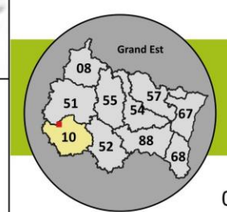
10 Aube

Synthèse des risques - E11

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Projection pale (500 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,89
  > Gravité modérée
- Projection de glace (433,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,67
  > Gravité modérée
- Effondrement (207,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,17
  > Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,04
  > Gravité modérée
- Chute élément (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,04
  > Gravité modérée

Intensité du risque

- Exposition modérée pour les scénarios projection de pale, projection de glace, effondrement, chute de glace et chute d'élément

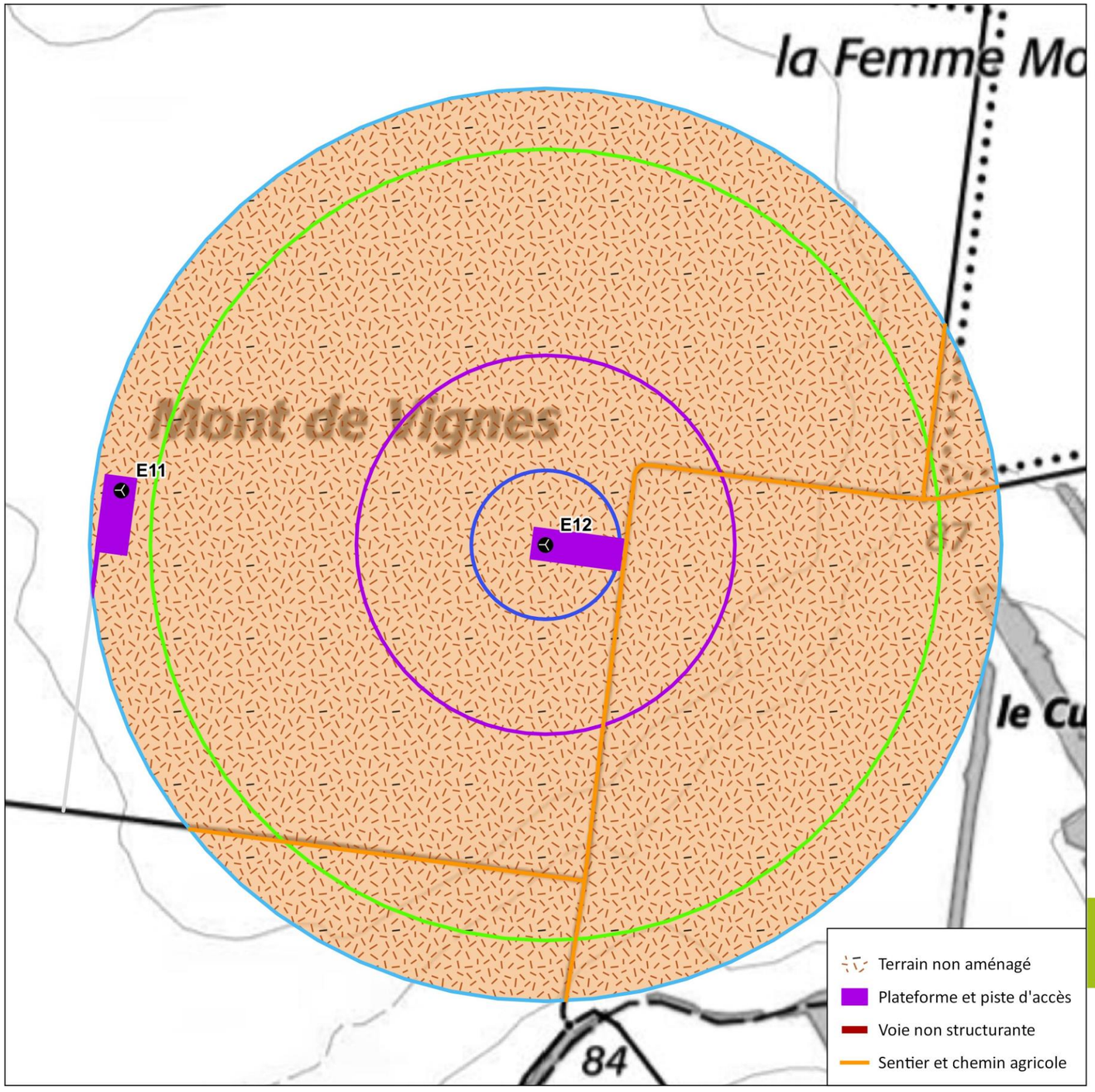


Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 39 : Synthèse des risques pour l'éolienne E11



Projet de parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

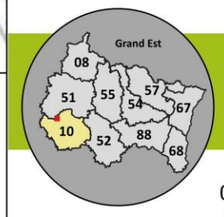
10 Aube

Synthèse des risques - E12

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- Projection pale (500 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,98
  > Gravité modérée
- Projection de glace (433,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,73
  > Gravité modérée
- Effondrement (207,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,20
  > Gravité modérée
- Chute de glace (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,05
  > Gravité modérée
- Chute élément (81,5 m)
  Nombre de personnes exposées au max : 0,05
  > Gravité modérée

Intensité du risque

- Exposition modérée pour les scénarios projection de pale, projection de glace, effondrement, chute de glace et chute d'élément



Fond : Scan25® - ©IGN
Reproduction interdite
Réalisation : Inddigo, Octobre 2024

0 75 150 m

N W E S

Carte 40 : Synthèse des risques pour l'éolienne E12

9 CONCLUSION

Étude de dangers du parc éolien de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

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 de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube :

- 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 207,5 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, chemins et sentiers.

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 « Modérée » pour la chute d'éléments. Ces enjeux sont les suivants : terrains non aménagés et très peu fréquentés, plateformes, pistes d'accès, chemins et sentiers.

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 433,5 m autour de chaque mât), sa gravité est considérée comme « Modérée » pour les aérogénérateurs E2 à E12 et « Sérieux » pour E1. Les enjeux sont les suivants : terrains non aménagés et très peu fréquentés, pistes d'accès aux éoliennes et plateformes, chemins et sentiers, routes non structurantes et hangar agricole.

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 » pour les éoliennes E4, E7, E8, E10, E11 et E12 et « Sérieuse » pour les éoliennes E1, E2, E3, E5, E6 et E9. Les enjeux sont les suivants : terrains non aménagés et très peu fréquentés, pistes d'accès aux éoliennes et plateformes, chemins et sentiers et routes non structurantes et hangar agricole.

Finalement, 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 Schémas unifilaires de l'installation électrique 119
10.2 Retours de consultation des gestionnaires d'ouvrage 123
10.3 Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne 127
10.3.1 Terrains non bâtis 127
10.3.2 Voies de circulation 127
10.3.3 Logements 127
10.3.4 Établissements recevant du public 127
10.3.5 Zone d'activité 128
10.4 Tableau de l'accidentologie française 129
10.5 Scénarios génériques issus de l'Analyse Préliminaire des Risques 147
10.5.1 Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02) 147
10.5.2 Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07) 147
10.5.3 Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02) 147
10.5.4 Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03) 148
10.5.5 Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P03) 148
10.5.6 Scénarios relatifs aux risques d'effondrement de l'éolienne (E01 à E10) 148
10.5.7 Approche par nœuds papillons 148
10.6 Probabilité d'atteinte et risque individuel 158
10.7 Glossaire 158
10.8 Bibliographie et références utilisées 159

inddigo

10.1 Schémas unifilaires de l'installation électrique

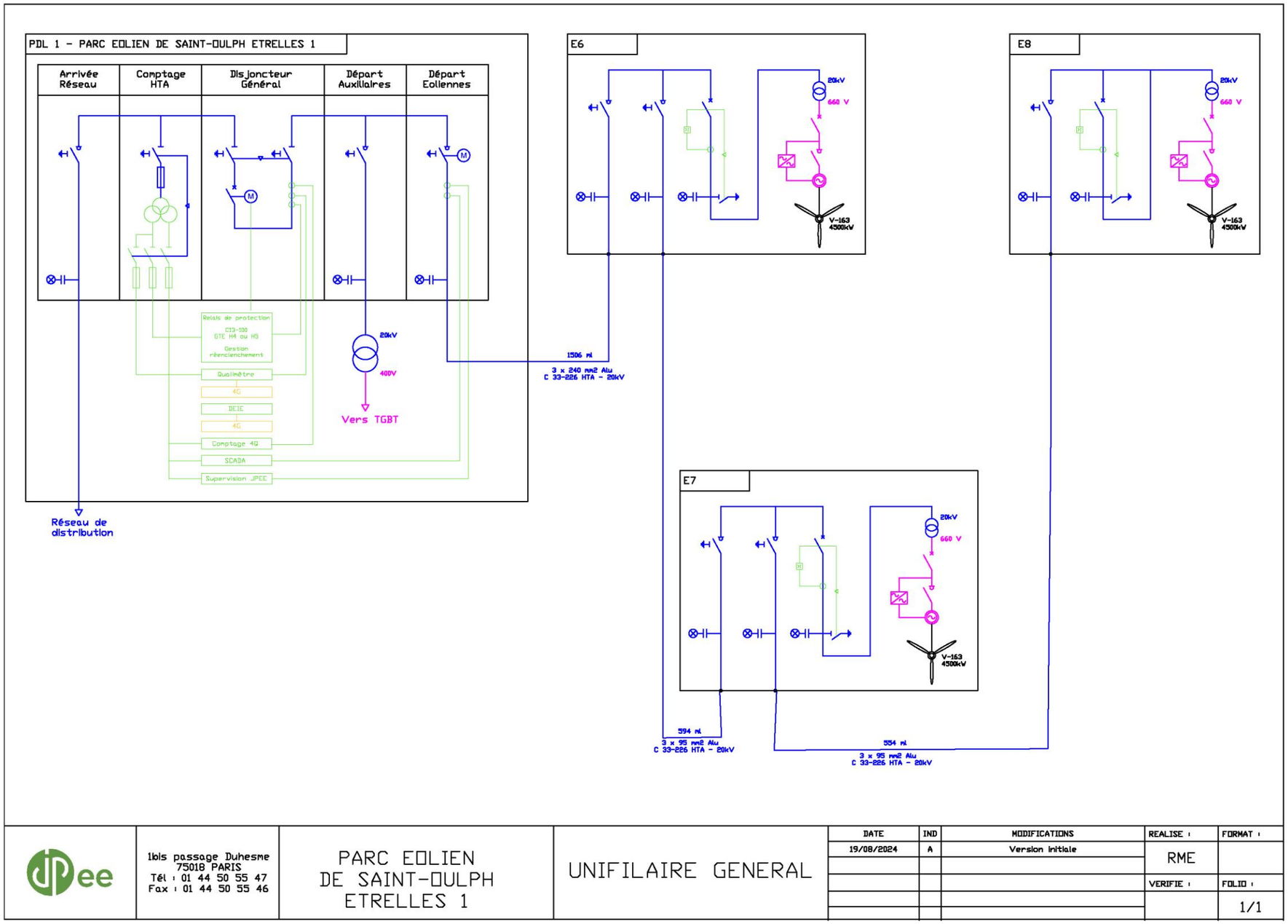


Figure 14 : Schéma unifilaire général - PDL 1 et E6,E7 et E8

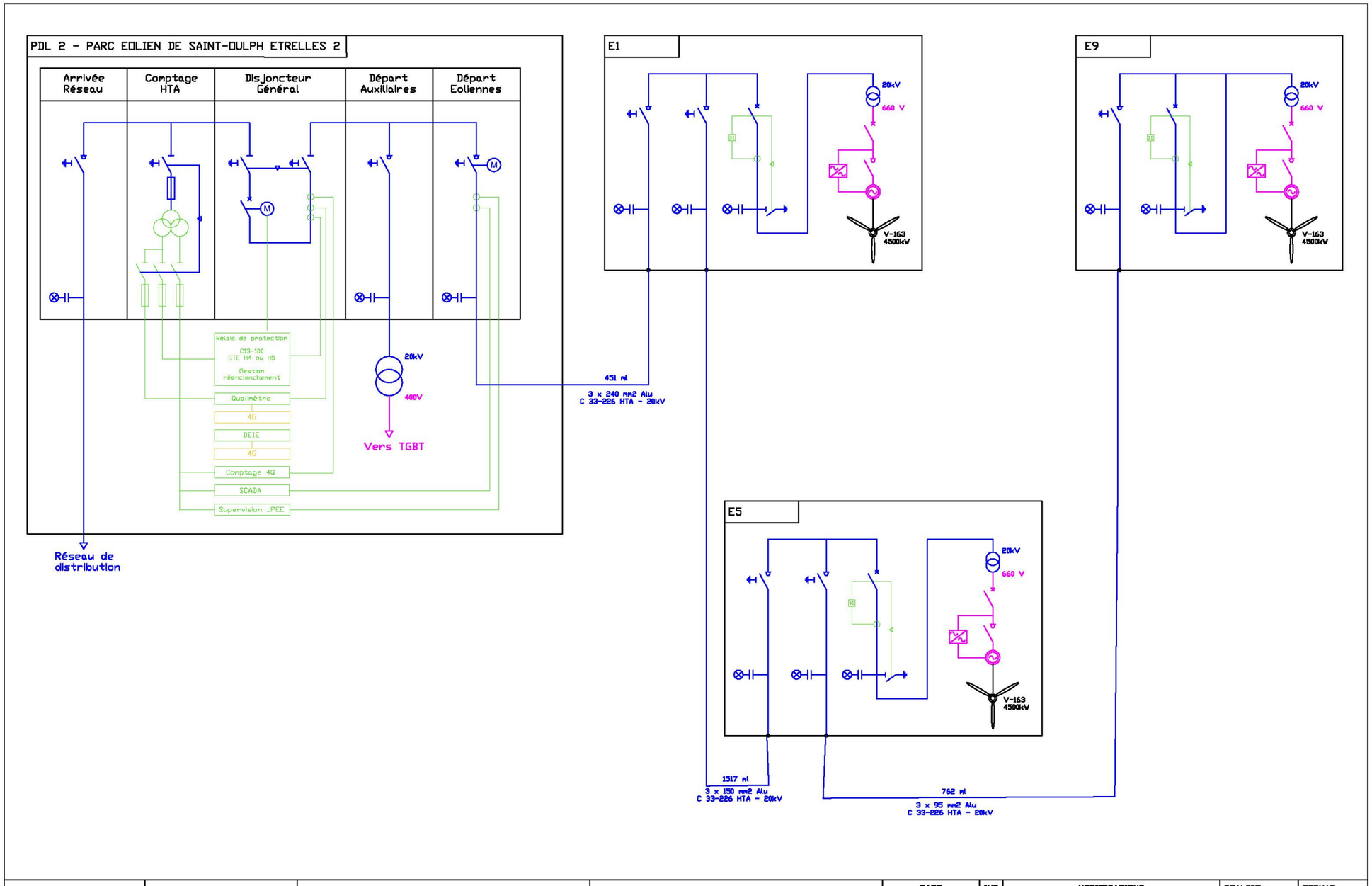


Figure 15 : schéma unifilaire général - PDL 2 et E1, E5 et E9

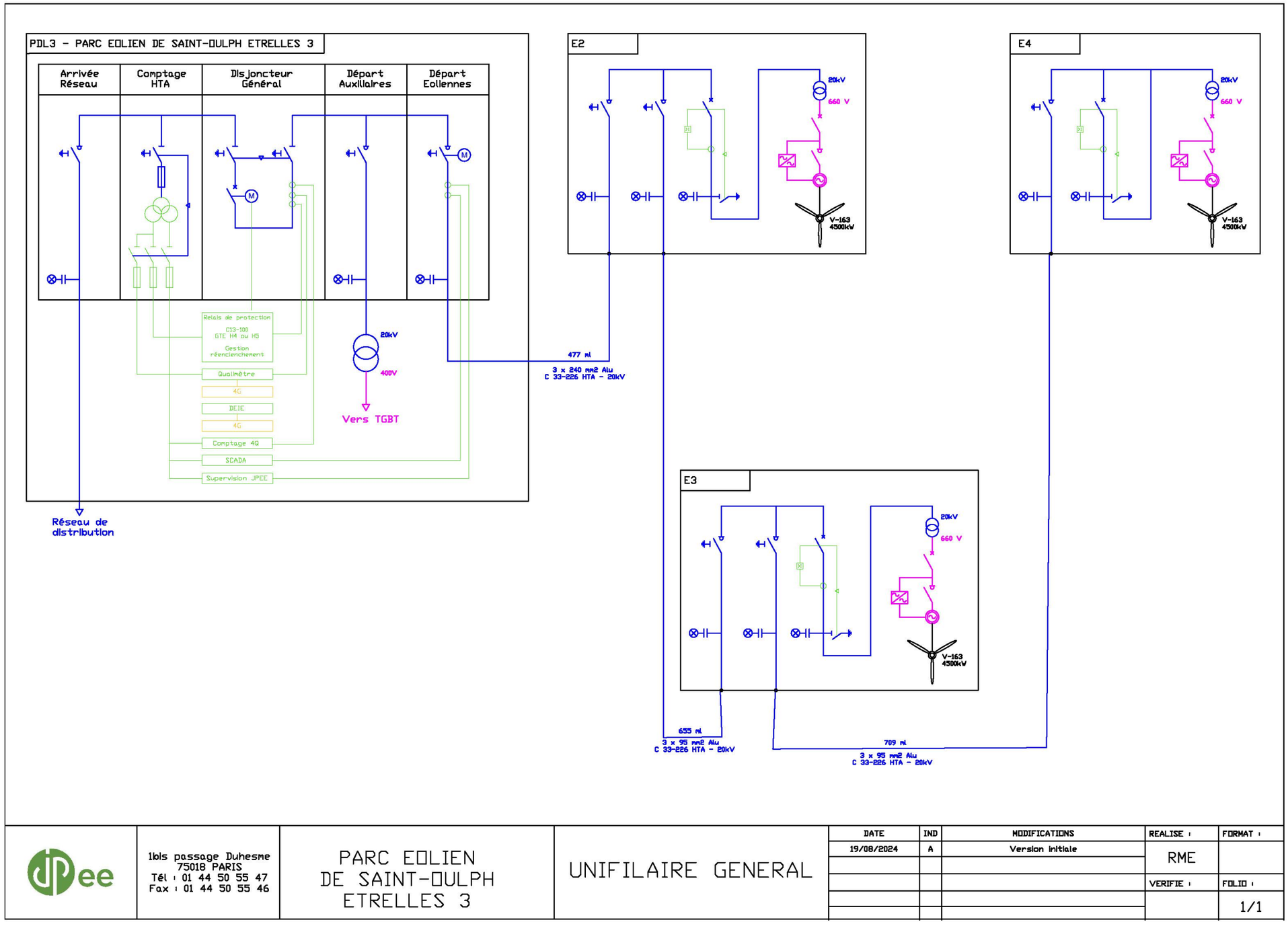


Figure 16 : Schéma unifilaire général - PDL 3 et E2, E3 et E4

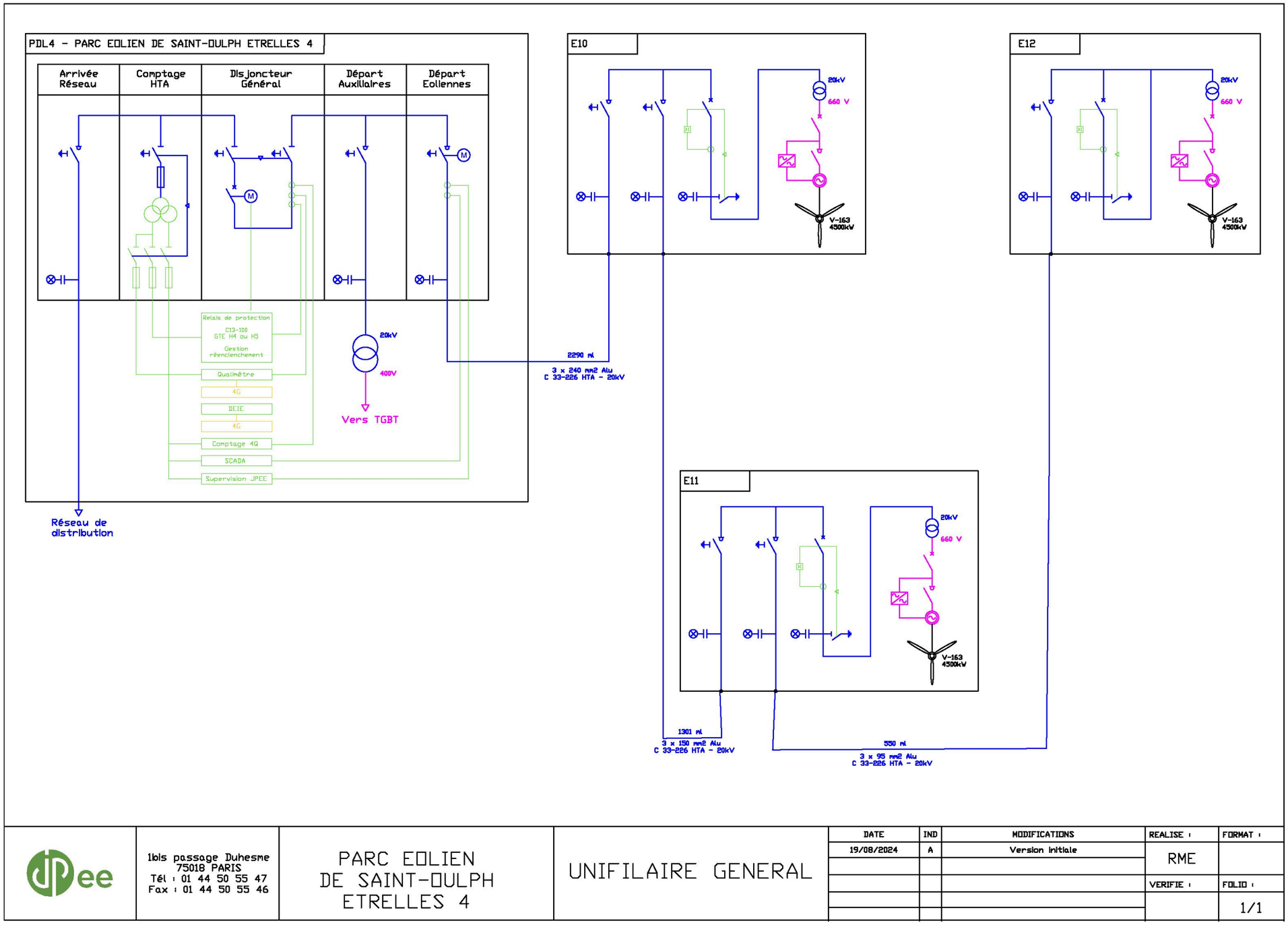


Figure 17 : schéma unifilaire - PDL 4 et E10, E11 et E12

10.2 Retours de consultation des gestionnaires d'ouvrage

De : Regley Dominique
À : Guilhem DUPOUY
Cc : Carre Kelly; Meurisse Mathieu
Objet : RE: Projet parc éolien sur les communes de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube
Date : lundi 19 juin 2023 15:34:44
Pièces jointes : image002.png
image003.png

Vous ne recevez pas souvent de courriers de la part de dominique.regley@aube.fr. Découvrez pourquoi cela est important

Bonjour,

Concernant le recul, les éoliennes devront être implantées suffisamment en retrait des routes départementales afin d'éviter d'éventuelles projection de glace ou d'autres projectiles.
D'une manière générale, il serait souhaitable d'implanter les dispositifs à une distance au moins égale à leur hauteur totale (pâles comprises) par rapport à la limite du domaine public (sauf impossibilité technique dûment prouvée).

Pour les comptages, je vous transmets les relevés effectués sur la RD 373

Point de comptage

Numéro	C22.171
Localisation	10 D0373 PR001+0642
Type de route	Bidirectionnelle
Commune (auto)	ETRELLES-SUR-AUBE
Appellation	TEMPORAIRE

Comptage

Sens 1		Sens 2		Sens cumulé	
TMJ	675	TMJ	656	TMJ	1 331
PL	70	PL	101	PL	171
% PL	10.37 %	% PL	15.40 %	% PL	12.85 %
V moy.	49 km/h	V moy.	49 km/h	V moy.	49 km/h
V85	58 km/h	V85	59 km/h	V85	59 km/h

Informations générales

Date début	14/10/2022
Date fin	20/10/2022

Pour la RD 8, il n'y a eu aucun relevé d'effectué.

Cordialement.

Dominique REGLEY
Chargé de l'ingénierie exploitation du SLA de Nogent sur Seine
22, avenue du Cardinal
10400 NOGENT-SUR-SEINE
Tel: 03.25.39.35.46
06.76.66.67.65
Mail: Dominique.regley@aube.fr

De : Meurisse Mathieu
Envoyé : mercredi 14 juin 2023 11:40
À : Carre Kelly; Regley Dominique
Objet : TR: Projet parc éolien sur les communes de Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube

GRTgaz

Votre projet tel que décrit est situé en dehors des emprises de nos ouvrages de transport de gaz naturel haute pression.

Nous n'avons donc pas d'observation à formuler.

Pour rappel, le code de l'environnement – Livre V – Titre V – Chapitre IV impose à tout responsable d'un projet de travaux, sur le domaine public comme dans les propriétés privées, de consulter le Guichet Unique des réseaux (téléservice www.reseaux-et-canalisations.ineris.fr) afin de prendre connaissance des nom et adresse des exploitants de réseaux présents à proximité de son projet, puis de leur adresser une Déclaration de projet de Travaux (DT). Les exécutants de travaux doivent également consulter le Guichet Unique des réseaux et adresser aux exploitants s'étant déclarés concernés par le projet une Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT).

Nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos salutations distinguées.

Yann VAILLAND
Responsable du Département Maintenance,
Données et Travaux Tiers

P.O

P.S. : Veuillez prendre note que les demandes liées à l'urbanisme sont à envoyer à l'adresse citée en en-tête.

Direction des Opérations
Pôle Exploitation Nord Est
Département Maintenance, Données et Travaux Tiers
Boulevard de la République
BP 34
62232 Annezin
Téléphone +33(0)3 21 64 79 29
Mail PENE-TTU@grtgaz.com
www.grtgaz.com

INDIGGO
7 Avenue du Général Sarrail
31290 VILLEFRANCHE-DE-LAURAGAIS

Affaire suivie par : M. DUPOUY Guilhem

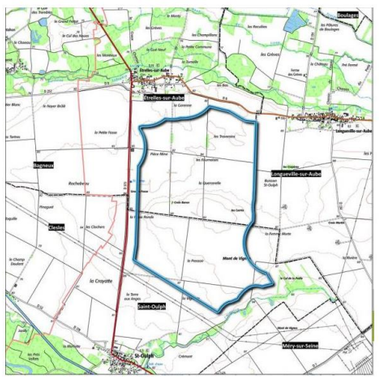
VOS RÉF.	Mail du 20 février 2023
NOS RÉF.	P2023-001179 / SM
INTERLOCUTEUR	Centre Travaux Tiers et Urbansime - (03.21.64.79.29)
OBJET	Evaluation environnementale d'un projet de parc éolien.
ADRESSE DU PROJET	Communes de SAINT-OULPH et ETRELLES-SUR-AUBE (10).

Annezin, le 20 mars 2023

Monsieur,

Nous accusons réception, en date du 20/02/2023, de votre demande citée en objet.

Notre réponse est basée uniquement sur l'emprise communiquée dans votre courrier et rappelée ci-dessous :



ABIES INDDIGO
7 av, Général Sarrail
31290 VILLEFRANCHE DE LAURAGAIS
A l'attention de M Guilhem DUPOUY

VOS REF.	
NOS REF.	
REF. DOSSIER	COT-REN-2023-10356-CAS-180847-Q2H3C5
INTERLOCUTEUR	Boury Eric
TÉLÉPHONE	03.25.76.43.36
MAIL	rte-cm-ncy-gmr-chm-tiers@rte-france.com
FAX	
OBJET	Saint-Oulph et Etrelles-sur-Aube (10) - Projet éolien

CRENEY- PRÈS-TROYES, le 20/02/2023

Monsieur,

Par la présente, nous faisons suite à votre mail en date du 17/02/2023 par lequel vous nous avez sollicités, dans le cadre d'une consultation préalable en vue de la réalisation d'une étude d'impact pour un projet de parc éolien situé sur les communes de Saint Oulph et Etrelles-sur-Aube, afin d'obtenir des informations concernant les distances d'éloignement à respecter à l'égard des ouvrages de transport d'électricité dont RTE est gestionnaire.

A titre liminaire, nous vous confirmons que votre projet tel que vous nous l'avez décrit est, en effet, situé à proximité d'ouvrages à haute ou très haute tension relevant du réseau public de transport d'électricité, à savoir les lignes aériennes :

- 400 000 volts CHAMBRY/MERY-SUR-SEINE du pylône 169 au pylône 176
- 90 000 volts MERY-SUR-SEINE/SEZANNE du pylône 7 au pylône 11

En réponse, nous vous précisons en premier lieu que la réglementation ne s'oppose pas à la réalisation de divers aménagements à proximité de lignes aériennes sous réserve que les distances de sécurité entre ces derniers et les conducteurs prévues par l'Arrêté Interministériel Technique du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique soient respectées. A cet égard, il est à constater que ledit Arrêté n'envisage pas expressément de distance d'éloignement entre les éoliennes et nos ouvrages. Cependant, le projet présenté devra respecter la distance prévue par l'article 26 de cet arrêté relatif à la « distance aux arbres et obstacles divers ».

En outre, afin d'une part d'éviter de compromettre la sûreté du réseau public de transport et d'autre part de garantir la sécurité des biens et des personnes en cas notamment de chute d'une éolienne ou de projection de matériaux (givre, éclatement de pales…), **nous vous demandons** :

- Le respect d'une distance de sécurité équivalent à minima à la hauteur de l'éolienne, pâles comprise.

Groupe Maintenance Réseaux Champagne Morvan
10 route de Luyères
10150 CRENEY- PRÈS-TROYES
TEL : 03.25.76.43.30.
FAX :

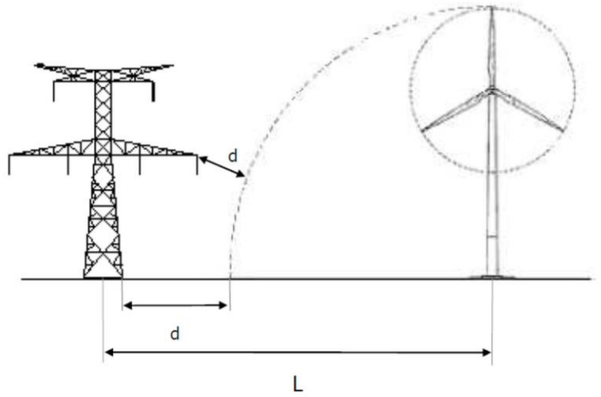
RTE Réseau de transport d'électricité
société anonyme à directoire et conseil de surveillance
au capital de 2 132 285 690 euros
R.C.S.Nanterre 444 619 258

www.rte-france.com

- Le respect d'une distance de garde de 3 mètres et ce afin de s'assurer qu'il n'y ait aucun contact entre la ligne et l'éolienne, au cours et après le renversement éventuel de cette dernière (éclatement, projection de matériaux).

- La prise en compte de la géométrie de la ligne, la position des câbles conducteurs ainsi que les phénomènes météorologique (température, vent..), ces derniers ayant une influence sur la position des câbles dans l'espace.

Par conséquent, la distance d'éloignement L que nous vous demandons de respecter est la suivante :



L est défini de manière à vérifier $d \geq 3m$

L = hauteur de l'éolienne, pâles comprise + d (distance de garde 3m) + balancement du câble/axe de l'ouvrage.

Ainsi, en définitive, dans le cadre de votre projet, pour des hauteurs d'éoliennes de 230 mètres pâles comprises, nous vous recommandons de respecter une distance minimale de

- **230+3+28 = 261 mètres** par rapport à l'axe de la ligne électrique la plus proche **400 000 volts CHAMBRY-MERY**.

Les informations que vous nous avez communiquées font l'objet d'un traitement informatique. Conformément à la loi "Informatique et liberté" du 6 janvier 1978, le pétitionnaire dispose d'un droit d'accès et de rectification des informations le concernant ainsi qu'un droit d'opposition pour des motifs légitimes en s'adressant à RTE, Tour Initiale, 1 Terrasse Bellini, TSA41000, 92919 La Défense Cedex.

En outre, nous nous permettons d'ores et déjà d'attirer votre attention sur le fait que :

- Préalablement à l'exécution de travaux, il appartient au responsable de projet (personne physique ou morale, pour le compte de laquelle les travaux sont exécutés) et à l'exécutant des travaux, après consultation du guichet unique (www.reseaux-et-canalisations.gouv.fr), de se conformer aux procédures de déclaration de projet de travaux (DT) et de déclaration d'intention de commencement de travaux (DICT) fixées par les articles R. 554-1 et suivants du Code de l'Environnement ;
- lors de l'exécution de travaux, les entreprises devront impérativement se conformer aux dispositions des articles R4534-107 et suivants du code du travail qui définissent les règles de sécurité à observer pour tous travaux à proximité d'ouvrages électriques HTB sous tension et plus spécifiquement à l'article R4534-108 qui impose le respect d'une distance minimale de sécurité de 5 mètres à maintenir en permanence pendant la phase des travaux par rapport aux câbles conducteurs sous tension.

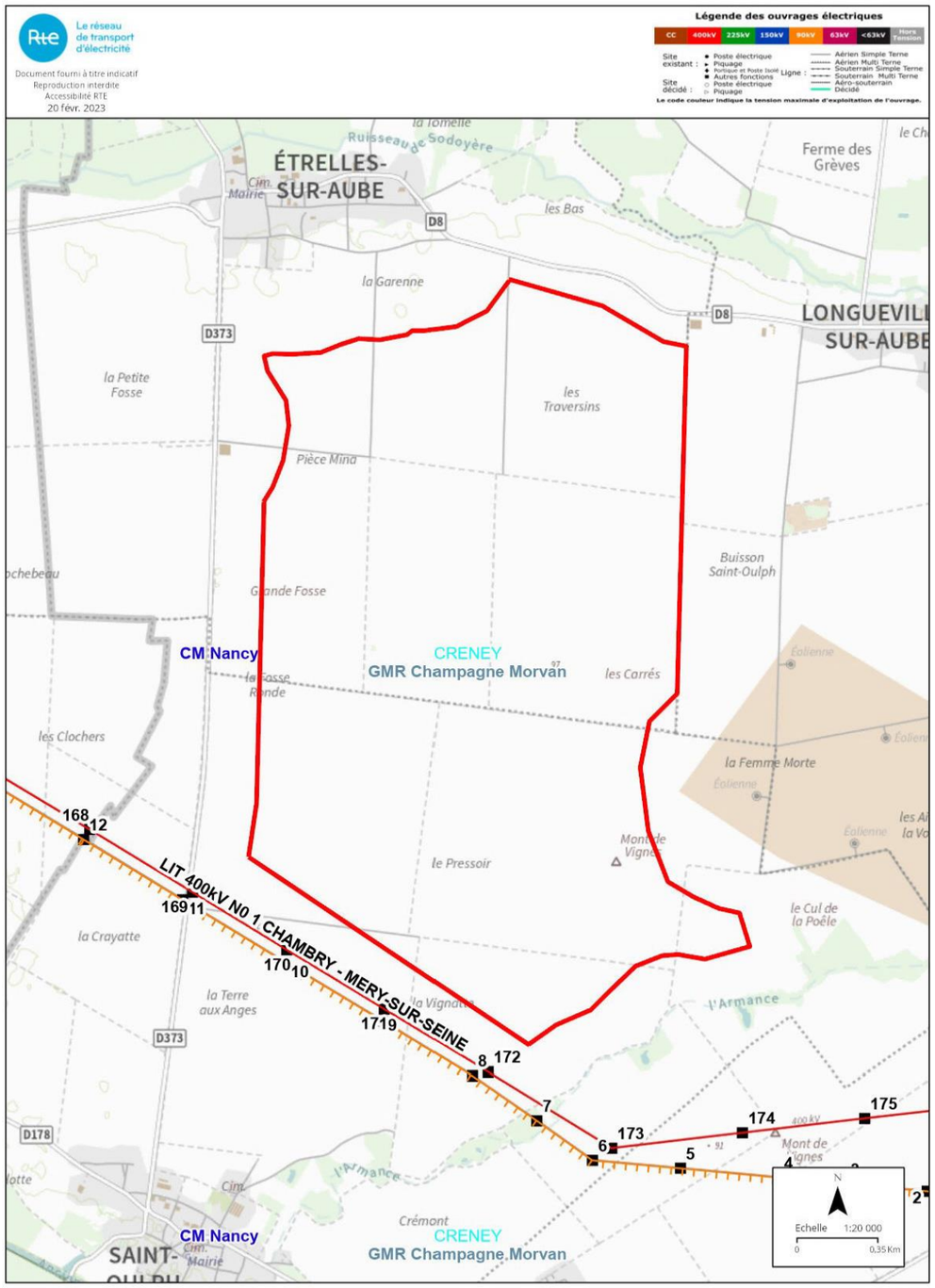
Nous vous précisons également, qu'en cas de chute ou de projection de matériaux, nous vous tiendrons responsable de tous dommages causés à nos lignes, aux utilisateurs qui y sont raccordés ainsi qu'aux tiers. Nous vous précisons que, si un tel sinistre devait se produire, les montants d'indemnisation pourraient être considérables. Bien entendu, il vous appartient d'éviter ou du moins limiter ce risque en prévoyant des distances d'éloignement suffisantes.

Enfin, nous vous rappelons que ces différentes observations valent uniquement pour les ouvrages dont RTE est gestionnaire (ouvrages dont la tension est supérieure à 50 kV), et qu'il peut exister, sur les terrains d'assiettes des constructions projetées, des ouvrages de distribution d'énergie électriques ou des ouvrages de transport et de distribution de gaz qui dépendent d'autres exploitants (ENEDIS, régies, GRDF, etc.). Nous vous invitons donc à vous rapprocher de ces derniers pour obtenir toutes les informations utiles.

Nous restons à votre disposition pour tout renseignement complémentaire, nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos salutations distinguées.

Yannick DELIENNE
RMR Territoires

Les informations que vous nous avez communiquées font l'objet d'un traitement informatique. Conformément à la loi "Informatique et liberté" du 6 janvier 1978, le pétitionnaire dispose d'un droit d'accès et de rectification des informations le concernant ainsi qu'un droit d'opposition pour des motifs légitimes en s'adressant à RTE, Tour Initiale, 1 Terrasse Bellini, TSA41000, 92919 La Défense Cedex.



De : Marie-hélène PELISSIE
A : Guilhem DUPOUY
Objet : Projet Parc Eolien
Date : mardi 21 février 2023 10:51:11

Vous ne recevez pas souvent de courriers de la part de marie-helene.pelissie@terega.fr. Découvrez pourquoi cela est important

Bonjour Monsieur,
Teréga n'a pas d'installation de canalisation de gaz dans le département de l'Aube.

Cordialement,

Marie-Hélène PELISSIE
Chargé Administration et Travaux Tiers
Direction Opérations

16 bis rue Alfred Sauvy
31270 CUGNAUX
+33 5 61 16 26 21
+33 6 37 30 29 04
marie-helene.pelissie@terega.fr

www.terega.fr

Pensez à l'environnement.
N'imprimez ce courriel que si vous en avez vraiment besoin.

10.3 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.

10.3.1 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.

10.3.2 Voies de circulation

10.3.2.1 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 x 0,5 x 20 000/100 = 40 personnes permanentes.

Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic

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

10.3.2.2 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.

10.3.2.3 Voies navigables

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

10.3.2.4 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.

10.3.3 Logements

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

10.3.4 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.

10.3.5 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.

10.4 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 janvier 2024. Les accidents sont présentés par ordre chronologique.

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.

Tableau 34 : Accidentologie recensée en France entre les années 2000 et janvier 2024 (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 Foudre	Rapport du CGM et site Vent de Colère
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75 MW	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	Non précisée	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 Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM, site Vent de Colère et article de presse (Midi Libre)
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)
Rupture de pale	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)
Rupture de pale	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)

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
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75 MW	2003	Non	Bris de trois pales	Non précisée	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
Rupture de pale + incendie									Dysfonctionnement du système de freinage	
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4 MW	1997	Non	Bris de pale	-	Inconnue	Site Vent de Colère
Rupture de pale	07/10/2006	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	Oui	Acte de malveillance : explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	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	Oui	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
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66 MW	2005	Oui	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)
Survitesse/emballement	10/03/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Finistère	0,3 MW	2002	Non	Au cours de fortes bourrasques soufflant à plus 100 km/h, l'une des 4 éoliennes installées depuis les années 2000 sur les hauteurs de Dinéault ne se met pas en sécurité. L'hélice tourne bien au-delà de sa vitesse de fonctionnement nominale.	Une défaillance du système de freinage est à l'origine de l'accident.	Défaut d'un composant	Base de données ARIA
Collision avion	04/04/2008	Plouguin	Finistère	2 MW	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000 mètres imposés par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Erreur de pilotage	Base de données ARIA
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2 MW	2007	Oui	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)
									Défaut d'un composant	
Incendie	21/08/2008	Vauvillers	Somme	2 MW	2006	Non	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Défaillance électrique	Base de données ARIA
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2 MW	2007	Non	Chute de pale	Non précisée	Inconnue	Communiqué de presse exploitant, article de presse (l'Est Républicain)
Rupture de pale	08/06/2009	Bolléne	Vaucluse	2,3 MW	2009	Oui	Bout de pale d'une éoienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Foudre	-
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

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	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2 MW	2005	Oui	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)
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 entrainant 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-FRANCE RENOUVELABLES Base de données ARIA
Rupture de pale	14/12/2011	Bouin	Vendée	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
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Malveillance/ incendie criminel	Interne Exploitant
Rupture de pale	04/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75 MW	2000	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 mat puis l'autre pale.	Tempête	Base de données ARIA
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. Des agents de maintenance la réarment. Un défaut de vibration apparaît. 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.	Non précisée	Inconnue	Base de données ARIA
Rupture de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	2 MW	2008	Oui	Détachement d'une pale de 46 mètres et de 9 tonnes et rupture du roulement raccordant la pale au hub.	Traces de corrosion dans les trous d'alésage traversant une des bagues du roulement	Maintenance/défaut de composant	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.	Non précisée	Inconnue	Base de données du BARPI
Projection d'un élément de la pale	01/11/2012	Rézentières	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	Non précisée	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	05/11/2012	Sigean	Aude	660 kW	2000	Non	Un feu se déclare sur une éolienne de 660 kW au sein du parc éolien. Des projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante.	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 ARIA
Rupture de pale	06/03/2013	Roquetaillade	Aude	660 kW	2001	Non	A la suite d'un défaut de vibration détecté, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât.	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 ARIA
Incendie	17/03/2013	Fère-Champenoise -Euvy-Corroy	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 ARIA
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 m². 25 t de terres polluées sont excavés et envoyés en filière spécialisée.	Non précisée	Inconnue	Base de données ARIA
Incendie	09/01/2014	Vent de Thiérache 1	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 ARIA
Rupture de pale	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.	Usure prématurée	Défaut de conception, erreur de maintenance	Base de données ARIA
Rupture de pale	14/11/2014	Sources de la Loire	Ardèche	2,05 MW	2012	-	La pale d'une éolienne chute lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m.	Rafales de vent.	Tempête	Base de données ARIA
Projection de pale ou fragments de pale	05/12/2014	Energie Eolienne Fitou	Aude	1,3 MW	2002	-	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 décollage 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

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	29/01/2015	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 ARIA
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 ARIA
Rupture de pale	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 ARIA
Incendie	24/08/2015	Champs Besnard	Eure-et-Loire	2,5 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 ARIA
Chute d'éléments	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	1,5 MW	2007	-	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 constations 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 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
Rupture de pale	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	2,3 MW	2014	-	L'aérofrein 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'aérofrein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérofrein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu. Une campagne de contrôle des pales, aérofreins et de la chaîne de sécurité de chaque éolienne est réalisée.	Dysfonctionnement interne	Base de données ARIA
Chute de pale et projection de pale	08/02/2016	Menez-Braz	Finistère	300 kW	1999	-	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	Inconnue	Base de données ARIA
Rupture de pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes-d'Armor	850 kW	2009	-	Une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. 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 ARIA
Fuite d'huile	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loir	2,3 MW	2005	Non	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 ARIA
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 ARIA
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 ARIA
Rupture de pale	12/01/2017	Tuchan	Aude	600 kW	2002	Non	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 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
Rupture de pale	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. 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.	Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute.	Tempête	Base de données ARIA
Rupture 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	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 Foudre Tempête	Base de données ARIA
Incendie	06/06/2017	Moulin d'Emanville	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 boitier électrique, situé dans la nacelle. Il exclut la piste d'un impact de foudre.	Défaillance électrique	Base de données ARIA
Rupture de pale	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
Rupture de pale	24/06/2017	Conchy-sur-Canche	Pas-de-Calais	1,6 MW	2007	Oui	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		Défaut d'un composant	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
								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	Dysfonctionnement interne	
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
Rupture de pale	05/08/2017	L'Oisière	Aisne	2 MW	2017	Oui	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	-	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'une pale d'éolienne	04/01/2018	Parc éolien de Rampont	Meuse	2 MW	2008	-	Lors d'un épisode venteux, l'extrémité d'une pale se rompt et un morceau de 20 m chute au sol. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. La zone est sécurisée et un gardiennage est mis en place 24 h/24.	Origine de l'accident non précisée.	Inconnue	Base de données ARIA
Chute d'élément	06/02/2018	Conilhac-Corbières	Aude	2,3 MW	2014	-	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 ARIA
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)

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	05/06/2018	Causse d'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 m² 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
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 entrainant 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)
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 détruites 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
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 m². 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 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
Rupture de pale	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 ARIA
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 ARIA
Rupture de pale	17/01/2019	Bambesch	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 ARIA
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 La Grange	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 ARIA
Rupture de pale	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 ARIA
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.	Défaillance 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)

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	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
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
Rupture de pale	09/12/2019	Montjean – Theil-Rabier – La Forêt de Tesse	Charente	2 MW	2016	Oui	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. 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
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 brulé 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
Rupture de pale	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	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 Fuite d'huile	24/03/2020	Flavin	Aveyron	2 MW	2010	Oui	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. Un riverain alerte les pompiers qui préviennent l'exploitant. La caméra du site confirme l'incendie. Le disjoncteur est ouvert à distance. 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	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
Rupture de pale	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
Rupture de pale	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 m² de végétation au pied de l'éolienne	Échauffement des pièces de protection de la génératrice de l'éolienne	Dysfonctionnement interne	Base de données ARIA
Fuite d'huile	01/09/2020	Bouchy-Saint-Genest	Marne	2 MW	2015	Oui	Lors d'une visite de site, un opérateur constate une fuite d'huile sur l'une des éoliennes d'un parc éolien. Le produit a atteint le sol au pied du mât. Le sous-traitant met en place un kit anti-pollution autour de la fondation extérieure pour éviter que plus de produit n'atteigne le sol. Il identifie la fuite, change le flexible en cause et fait l'appoint des niveaux d'huile. L'exploitant effectue un diagnostic de pollution des sols pour établir l'impact du produit et les travaux de dépollution nécessaires. L'exploitant estime la quantité ayant fui à 20 l.	Défaut d'un flexible allant d'un accumulateur à un collecteur de deux pales.	Défaut d'un composant	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
Fuite d'huile	11/12/2020	Charmont-en-Beauce	Loiret	3 MW	2009	Non	Une fuite d'huile se produit au niveau de la nacelle d'une éolienne. L'huile ruisselle le long du mât. L'alerte est donnée par une équipe de maintenance d'une société sous-traitante en intervention sur le parc. Les intervenants montent dans la nacelle, identifient la vanne en cause et la ferment. L'éolienne est réapprovisionnée en huile puis remise en production. L'exploitant demande à ses équipes de maintenance un diagnostic de pollution des sols pour déterminer si des travaux de dépollution sont nécessaires.	La fuite d'huile provient de la vanne de prélèvement d'huile restée ouverte pendant plusieurs heures. Au cours d'une intervention dans la nacelle, la manipulation d'objets aurait provoqué l'ouverture involontaire de cette vanne.	Erreur de maintenance	Base de données ARIA
Rupture de pale	12/01/2021	Saint-Georges-sur-Arnon	Indre	2,5 MW	2009	Non	Une pale d'une éolienne se disloque partiellement. La pale est en position verticale, déchirée depuis la base. Des lanières de matériau pendent le long du mat. La nacelle et les 2 autres pales de l'éolienne sont endommagées. Des débris sont retrouvés au sol dans un rayon de 100 m. Plusieurs composants sont soumis aux intempéries. 10 jours après l'incident, un épisode de fort vent fait à nouveau chuter des éléments au sol, l'exploitant étend la zone d'exclusion à 200 m.	Lors de l'incident, l'éolienne était soumise à des vitesses de vent (entre 10 et 15 m/s) qui nécessitent une régulation de la puissance produite par le système d'orientation des pâles (pitch contrôle). Pour les 3 pales simultanément, ce système est inopérant, l'éolienne entre alors en survitesse. Le système de frein aérodynamique se déclenche mais le pitch contrôle ne réagissant pas, l'éolienne continue de tourner à grande vitesse jusqu'à la rupture de la pale. Le moteur du pitch control n'a pas reçu l'ordre de l'automate car le convertisseur situé en amont a été "gelé" par protection contre des surintensités. Ce mode est lié à une erreur de programmation du logiciel de commande des convertisseurs.	Erreur de maintenance	Base de données ARIA
Rupture de pale	12/02/2021	Priez	Aisne	2 MW	2017	Oui	La pale d'une éolienne se casse. L'alerte est donnée à l'exploitant par la mairie. Aucun système instrumenté de sécurité n'a détecté la rupture de pale pouvant entraîner l'arrêt de la machine en sécurité.	Défaut de réparation au niveau du bord de fuite (trou). La réparation a été effectuée par un technicien à l'issue de la fabrication.	Erreur de maintenance	Base de données ARIA
Projection de pale ou fragments de pale	13/02/2021	Patay	Loiret	2 MW	2007	Non	Une pale se détache d'une éolienne. Des lames de fibres de verre sont retrouvées à 30 m de la machine et des fragments jusqu'à 150 m. L'exploitant regroupe l'ensemble des débris dans un conteneur dédié avant passage de l'expert et la prise en charge par une société capable de recycler les composants et non de les incinérer.	Il s'agit d'un défaut de collage, soit au niveau de la répartition de la colle, soit au niveau de la qualité de la colle. Il s'agirait d'une cinétique lente de rupture. L'exploitant constate une insuffisance des détecteurs, notamment de balourds et d'inclinaison, équipant la machine.	Défaut d'un composant	Base de données ARIA
Rupture de pale	21/10/2021	Auchay-sur-Vendée	Vendée	4,2 MW	2021	Oui	Une éolienne est gravement abîmée suite à la tempête Aurore. L'une des pâles est complètement arrachée, elle pend en haut du mât, culminant à 110 mètres. Une partie gît à ses pieds.	Non précisée	Inconnue	Article Ouest France (21/10/2021)
Rupture de pale	04/12/2021	Saint-Agnant-de-Versillat	Creuse	2 MW	2013	Non	Une pale d'éolienne a été arrachée de son mât à plus de 137 mètres de hauteur vendredi 3 décembre dans un champ de la commune de Saint-Agnant-de-Versillat. Deux techniciens ont été dépêchés sur place et l'ensemble des éoliennes du parc est mis à l'arrêt. Les techniciens de maintenance dépêchés sur place sécurisent les lieux et le parc est mis à l'arrêt. La pale est déposée le 28 octobre.	Non précisée	Inconnue	Article France Info (04/12/2021)

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	24/12/2021	Fécamp	Seine-Maritime	900 kW	2006	Non	Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne. L'éolienne s'arrête automatiquement. Lorsque l'équipe de maintenance se déplace sur le site, celle-ci découvre l'équipement à 155 m dans le champ jouxtant l'éolienne. Un incident similaire a eu lieu sur cette même machine et même pâle 4 ans plus tôt (17/07/2017).	L'exploitant explique cette nouvelle chute d'aérofrein par la combinaison de la rupture d'un tendeur et l'affaiblissement de l'assemblage collé de l'aérofrein.	Défaut d'un composant	Base de données ARIA
Fuite d'huile	03/02/2022	Noirlieu	Marne	850 kW	2005	Non	L'exploitant d'un parc éolien constate une fuite d'huile sur l'extérieur du mât d'une éolienne. Il met en place un kit d'absorption, nettoie le fond de la nacelle et y pose des chiffons absorbants. Des boudins sont mis autour du mât de l'éolienne pour éviter toute pénétration dans le sol. Après utilisation des boudins et des feuilles absorbantes du kit antifuite, ces derniers sont évacués et traités conformément à la gestion des emballages et matériaux souillés.	L'origine de l'événement est une infiltration d'eau sur le toit de la nacelle, au niveau du raccordement du système de refroidissement, qui a emmené avec elle les taches d'huiles présentes dans le fond de nacelle, à l'extérieur du mât.	Défaut d'un composant	Base de données ARIA
Fuite d'huile	10/02/2022	Oresmaux	Somme	2 MW	2008	Oui	Une fuite d'huile se produit au niveau du système d'orientation des pales dans le rotor et le long de la tour d'une éolienne. 100 l d'huile se déversent le long du mât. Une faible quantité a atteint le pied de l'éolienne.	La fuite est due à un bouchon d'un cylindre du système d'orientation des pales dans le rotor mal resserré.	Erreur de maintenance	Base de données ARIA
Panne informatique	24/02/2022	Non communiqué	France entière	-	-	-	Plus d'une cinquantaine de parcs éoliens français et d'autres en Europe sont touchés par une cyberattaque, affectant 30 000 éoliennes. Il s'agit de la perte de communication du pilotage à distance avec le système SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) des éoliennes. Les éoliennes continuent à produire de l'électricité et fonctionnent en mode de sécurité automatique. La supervision à distance a été interrompue à cause de la cyberattaque de la liaison satellite. Elle est en lien avec l'invasion de l'Ukraine par la Russie car les satellites sont probablement utilisés pour des communications de l'armée ukrainienne. Certains parcs disposent d'un pilotage local en filaire et transmettent régulièrement les informations au centre de pilotage à distance. Des solutions 4G sont déployées quelques jours après la perte de communication du satellite mais l'approvisionnement en routeurs est retardé et des zones blanches persistent. Des exploitants basculent sur un autre satellite. Un mois après l'incident, tous les parcs ont retrouvé la communication à distance.	Cyberattaque de la liaison satellite interrompant la supervision à distance	Cyberattaque	Base de données ARIA
Panne informatique	01/04/2022	Ondefontaine	Calvados	2,5 MW	2016	Oui	Une perte de monitoring des éoliennes par le constructeur en charge de leur maintenance se produit sur un parc éolien. Le contrôle des machines à distance n'est plus possible. Il s'agit d'une cyberattaque. L'enseignement principal porte sur l'efficacité des outils de télégestion que l'exploitant a mis en place de son côté, permettant ainsi d'être en mesure de conserver la maitrise opérationnelle de son parc éolien.	Cyberattaque.	Cyberattaque.	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
Rupture de pale	02/04/2022	Saint-Félix-Lauragais	Haute-Garonne	1,67 MW	2009	Non	une pale d'éolienne de 40 m s'effondre partiellement en haut d'un mât de 60 m. Une partie de celle-ci reste suspendue au rotor. Les débris sont circonscrits à une centaine de mètres autour du mât .	La nuit avant l'événement, une erreur du système de régulation de l'orientation (pitch) des pâles apparait sur l'éolienne. Une panne/casse mécanique pourrait être à l'origine de l'erreur de pitch.	Défaut d'un composant	Base de données ARIA
Chute d'éléments	03/04/2022	Omissy	Aisne	2 MW	2008	Non	Le marche pied fixé dans le moyeu d'une éolienne se désolidarise. Il sort du moyeu, et se coince entre le moyeu, le cône, le pied de pale et la nacelle. Une des pièces de fixation du marche pied s'échappe du cône et chute sur l'escalier d'accès au pied de la turbine. En se coinçant, le marche pied arrache des câbles d'alimentation, mettant l'éolienne à l'arrêt.	Non précisée	Inconnue	Base de données ARIA
Fuite d'huile	24/03/2022	Lislet	Aisne	2 MW	2008	Non	Un opérateur détecte des traces d'huiles sur le mât et la plateforme d'une éolienne ainsi que sur le chemin d'accès et 2 parcelles voisines. Une partie de l'huile est contenue à l'intérieur de l'éolienne. Le circuit a perdu en pression et l'éolienne s'est arrêtée automatiquement.	La cause de l'événement est la rupture d'un sertissage d'un flexible dans la nacelle.	Défaut d'un composant	Base de données ARIA
Rupture de pale	30/04/2022	Roquetaillade-et-Conilhac	Aude	660 KW	2001	Non	La pale d'une éolienne tombe et se casse au pied de l'éolienne sans occasionner d'autres dégâts. La pale a chuté à la verticale du rotor et s'est brisé au contact du sol à une distance de 4 m de la tour. Il n'y a pas eu de projections d'éléments de pale. A l'issue de l'expertise, la pale sera détruite. 2 parcs éoliens d'une puissance totale de 23 MW sont à l'arrêt pendant plus d'un mois.	La chute de la pale fait suite à une rupture du roulement de pale. La bague extérieure solidaire du moyeu est ouverte et les billes de roulement sont tombées au sol. La casse de boulons est constatée sur un secteur supérieur à 180 °.	Défaut d'un composant	Base de données ARIA
Incendie	20/04/2022	Saint-Germainmont	Ardennes	2,05 MW	2011	Oui	Un feu se déclare sur une éolienne. Une alarme sur la boîte de vitesse se déclenche au centre de contrôle du turbinier. L'éolienne se met en sécurité en plaçant les pales en position "drapeau". Le turbinier transmet l'anomalie à la supervision de l'exploitant. Une équipe est envoyée sur place pour une levée de doute à. L'alerte pour incendie de nacelle de turbine est déclenchée et la supervision appelle les pompiers. A la suite de l'incendie, l'exploitant constate que l'huile (biodégradable) présente dans la boîte de vitesse au niveau de la nacelle, s'est déversée le long de la tour. Une pollution de sol est suspectée au niveau du contact virole-terre. Une des pales de l'éolienne est éventrée, les 2 autres pales sont noircies, et la nacelle est en grande partie calcinée.	Non précisée	Inconnue	Base de données ARIA
Fuite d'huile	27/04/2022	Riols	Hérault	900 KW	2004	-	Des techniciens en intervention sur site constatent une coulée d'huile biodégradable de 140 l sur le mât et des projections de gouttes au sol sur la plateforme d'une éolienne.	La fuite est due à une rupture de flexible de la multiplicatrice en nacelle.	Défaut d'un composant	Base de données ARIA
Fuite d'huile	12/05/2022	Bessey-en-Chaume	Côte-d'Or	2 MW	2016	Oui	Un opérateur de maintenance détecte une fuite d'huile hydraulique en provenance du distributeur d'une pale d'une éolienne. L'huile coule hors de la nacelle le long du mât jusqu'au sol. Les techniciens mettent en place un kit antipollution en pied de tour. Les chiffons souillés et le kit antipollution sont collectés et traités.	La cause de la fuite est un défaut du joint situé entre le distributeur et le vérin.	Défaut d'un composant	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
Chute d'éléments	11/07/2022	Le Haut-Corlay	Côtes-d'Armor	1,5 MW	2006	Non	Lors d'une visite sur le parc éolien, une trappe d'accès au hub d'une éolienne se détache et chute au sol, devant la porte d'accès à la machine. La trappe est mise en sécurité dans la machine. Le lendemain matin, une équipe de maintenance tente de remettre en place la trappe, sans succès.	La chaleur serait à l'origine de la défaillance. Avec les fortes chaleurs estivales, la fibre du cône de nez du hub se dilate, rendant le système de verrouillage de la trappe inefficace.	Fortes chaleurs	Base de données ARIA
Fuite d'huile	10/08/2022	Cussy-les-Forges	Yonne	2,2 MW	2022	Oui	Une fuite d'huile se produit dans la nacelle d'une éolienne. L'alerte est donnée par le déclenchement d'une alarme. Le bloc vérin de la pale est détaché. La machine est mise à l'arrêt. L'huile coule en pied de tour, sans atteindre le sol environnant. La turbine reste arrêtée jusqu'à la livraison des pièces. Un kit antipollution est installé par les techniciens. L'événement engendre des pertes d'exploitation.	La fuite est due à un tuyau hydraulique cassé à la suite d'un problème de montage.	Erreur de maintenance	Base de données ARIA
Incendie	22/08/2022	Coole	Marne	2 MW	2012	Oui	Lors de travaux d'entretien, la nacelle d'une éolienne de 90 m de haut prend feu. Les 2 agents de maintenance présents dans la nacelle évacuent par l'échelle intérieure du mât. Un troisième agent au sol coupe immédiatement l'alimentation électrique de l'éolienne. La nacelle est entièrement détruite. L'exploitant doit procéder au ramassage des déchets calcinés, au sondage et à l'analyse du sol pour caractériser un éventuel impact de l'incident sur la qualité des sols.	D'après la presse, le sinistre serait dû à l'explosion du convertisseur d'électricité installé dans la nacelle.	Défaillance électrique	Base de données ARIA
Incendie	05/08/2022	Pont-Melvez	Côtes-d'Armor	1,3 MW	2007	Non	Un feu se déclare dans le rotor d'une éolienne au sein d'un parc éolien. Un important panache de fumée se dégage. Les pompiers se rendent sur place mais ont pour consigne de ne pas intervenir sur l'éolienne et de la laisser brûler. 400 m² de végétation ont brûlé. Le rotor et les pales sont détruits.	Non précisée	Inconnue	Base de données ARIA
Fuite d'huile	19/09/2022	Les Touches	Loire-Atlantique	2,5 MW	2015	Oui	Au cours d'une opération de maintenance programmée, les techniciens d'un parc éolien constatent une traînée d'huile sur le mât d'une éolienne. Sur la nacelle, un suintement au niveau du sertissage d'un flexible du circuit de refroidissement de la boîte de vitesses est visible. L'éolienne est arrêtée. 80 l d'huile sont présents dans le bac de rétention en nacelle en plus d'une vingtaine de litres le long de la tour. Les traces s'arrêtent 10 m sous la nacelle.	Non précisée	Inconnue	Base de données ARIA
Dégâts de pale	23/11/2022	Plelan-le-Grand	Ille-et-Vilaine	2 MW	2008	Non	Un orage touche un réseau électrique et des éoliennes. Une carte électronique est détériorée et la machine s'arrête. Deux jours plus tard, après réparation et peu après le redémarrage de l'éolienne, le bout d'une pale se plie. Après inspection, un impact de foudre est visible, celle-ci a traversé le bout de la pale.	Foudre touchant le réseau électrique et les éoliennes	Foudre	Base de données ARIA
Incendie	09/01/2023	Petit-Caux	Seine-Maritime	2,5 MW	2007	Non	Des techniciens sont envoyés sur un parc éolien à la suite d'une alarme incendie sur une éolienne. À leur arrivée, ils constatent un dégagement de fumée au moment de l'ouverture de la porte de la machine. La machine et l'ensemble du parc sont mis à l'arrêt.	Les reconnaissances au pied de l'éolienne à l'aide d'une caméra thermique montrent un point chaud au niveau des câbles de puissance de 660 V sur la nacelle à 80 m de hauteur et qui prend 5 niveaux à l'intérieur du mat.	Défaillance électrique	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
Projection de glace	17/01/2023	Le Born	Lozère	3,6 MW	2022	Oui	Des skieurs alertent l'exploitant d'un parc éolien de la projection de glace par des éoliennes. Le parc est arrêté à distance dès le lendemain pour éviter tout risque de nouvelles projections. Les gérants du domaine skiable du plateau n'ouvrent pas, par précaution, la piste de ski de fond passant à proximité de deux éoliennes. La formation de glace a été induite par les conditions météorologiques très favorables à ce phénomène, chutes de neige et températures négatives.	L'incident provient d'un défaut du logigramme de fonctionnement/communication des capteurs de glace. Une défaillance au niveau des systèmes de détection de glace est à l'origine du non-arrêt des éoliennes malgré la présence de glace sur les pales.	Défaut d'un composant et/ou erreur de maintenance	Base de données ARIA
Rupture de pale	23/02/2023	Moeuvres	Nord	3,3 MW	2016	Oui	Un agriculteur ramasse des morceaux de pâle d'éolienne au sol dans un parc éolien. La mairie avertit l'opérateur qui signale ne pas avoir détecté l'incident. La mairie informe ce dernier d'un incident électrique sur le transformateur de la commune rompant la communication avec le parc éolien. Des morceaux de pâle, mesurant entre 10 et 70 cm, sont ramassés, ainsi que des peignes acoustiques tombés au sol. L'endommagement de la pâle est constaté depuis le sol.	Non précisée	Inconnue	Base de données ARIA
Incendie	09/03/2023	Froidfond	Vendée	2 MW	2006	Non	Un feu se déclare sur la nacelle d'une éolienne d'une hauteur de 77 m en tête de pylône, lors de sa remise en tension. L'incendie se propage à une pale de 40 m de longueur. Des techniciens présents pour une opération de maintenance alertent l'exploitant et les pompiers.	Non précisée	Inconnue	Base de données ARIA
Chute d'éléments	14/03/2023	Peux-et-Couffouleux	Aveyron	1,3 MW	2006	Non	Un sous-traitant en intervention constate la chute du spoiler d'une pale d'éolienne. Il alerte le service d'astreinte de l'exploitant. L'éolienne accidentée est arrêtée à distance ainsi que l'ensemble des machines du parc par mesure de prévention. Le spoiler a été arraché mais les boulons sont toujours sur la pale.	L'arrachement du spoiler est dû à un desserrage des boulons qui a entraîné un jeu entre le spoiler et la pale qui, à force de vibration, a endommagé la fibre.	Défaut d'un composant	Base de données ARIA
Incendie	20/03/2023	Chatenay	Eure-et-Loir	2 MW	2008	Non	Un feu se déclare au niveau du moteur de la nacelle d'une éolienne à 80 m de haut. La machine est en drapeau. L'incendie se propage en direction des pales. La supervision à distance a perdu la communication avec le parc. L'éolienne n'était pas équipée de système de détection incendie au moment de l'évènement, entraînant l'incapacité de prévenir les secours dans le délai réglementaire de 15 min.	L'exploitant identifie comme pouvant être à l'origine de l'incendie : -un court-circuit sur le circuit de puissance ; -un mauvais serrage des connexions entre la génératrice et les câbles de puissance ; -un conduit d'échappement des poussières de la génératrice cassé qui aurait pu entrainer une quantité importante de poussières de charbon et créer un arc électrique ; -un arc électrique à partir du slipring (bague collectrice) dû à la présence de poussières.	Défaillance électrique/erreur de maintenance	Base de données ARIA
Fuite d'huile	09/05/2023	Yvignac-la-Tour	Côtes-d'Armor	2 MW	2013	Oui	Une fuite d'huile se produit sur une éolienne. La nacelle le long du mât et ont pollué le sol. La société de maintenance prévient l'exploitant. Un prestataire est mandaté pour dépolluer le sol et un suivi sanitaire et environnemental est mis en place, car l'huile contient du benzène, des dérivés alkylés et du ditridecyl adipate. La société de maintenance nettoie directement la partie intérieure de la nacelle.	La fuite a été provoquée par une mauvaise manipulation de la cloche après le remplacement du filtre lors de la maintenance annuelle. Cette erreur aurait coupé le filtre, permettant la fuite.	Erreur de maintenance	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
Rupture de pale	12/07/2023	Chanteraine	Meuse	2,2 MW	2018	Oui	Une équipe de maintenance intervient sur une turbine d'un parc éolien après une détection d'alarme. Elle constate la casse de l'une des pales de l'éolienne.	Un impact de foudre lors des intempéries de la veille au soir serait à l'origine de la détérioration.	Foudre	Base de données ARIA

10.5 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).

10.5.1 Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)

10.5.1.1 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

10.5.1.2 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.

10.5.2 Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)

Les éventuels incendies interviendront dans le cas ou 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, entrainant 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.

10.5.3 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, …).

10.5.3.1 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.

10.5.3.2 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.

10.5.4 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.

10.5.5 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'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au chapitre 10.2.2 (scénarios incendies).

10.5.5.1 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.

10.5.5.2 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, emballement de l'éolienne.

10.5.5.3 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.

10.5.6 Scénarios relatifs aux risques d'effondrement de l'éolienne (E01 à E10)

Les évènements 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, …

10.5.7 Approche par nœuds papillons

Le « Noeud Papillon » est une approche de l'accidentologie de type « arborescent ». Le principe de cette représentation générique est de visualiser facilement les enchaînements d'évènements accidentels pouvant, en théorie ou en pratique, porter atteinte aux intérêts décrits dans l'article L-511-1.

C'est un outil de visualisation et d'analyse qui permet d'apporter une démonstration renforcée de la maîtrise des risques par la filière, en présentant clairement l'action de barrières de sécurité qui permet d'atténuer le risque accidentel.

Il existe un Noeud Papillon pour les scénarii suivants (évènements centraux redoutés), ainsi que leur(s) déclinaison(s) respectives (si applicable) :

- Rupture ou chute de pale(s) (projection / chute de bris) ;
- Incendie :

- Incendie d'équipements électriques,
- Incendie de l'éolienne,
- Incendie du poste de transformation ;
- Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
- Projection et / ou Chute de glace ;
- Survitesse.

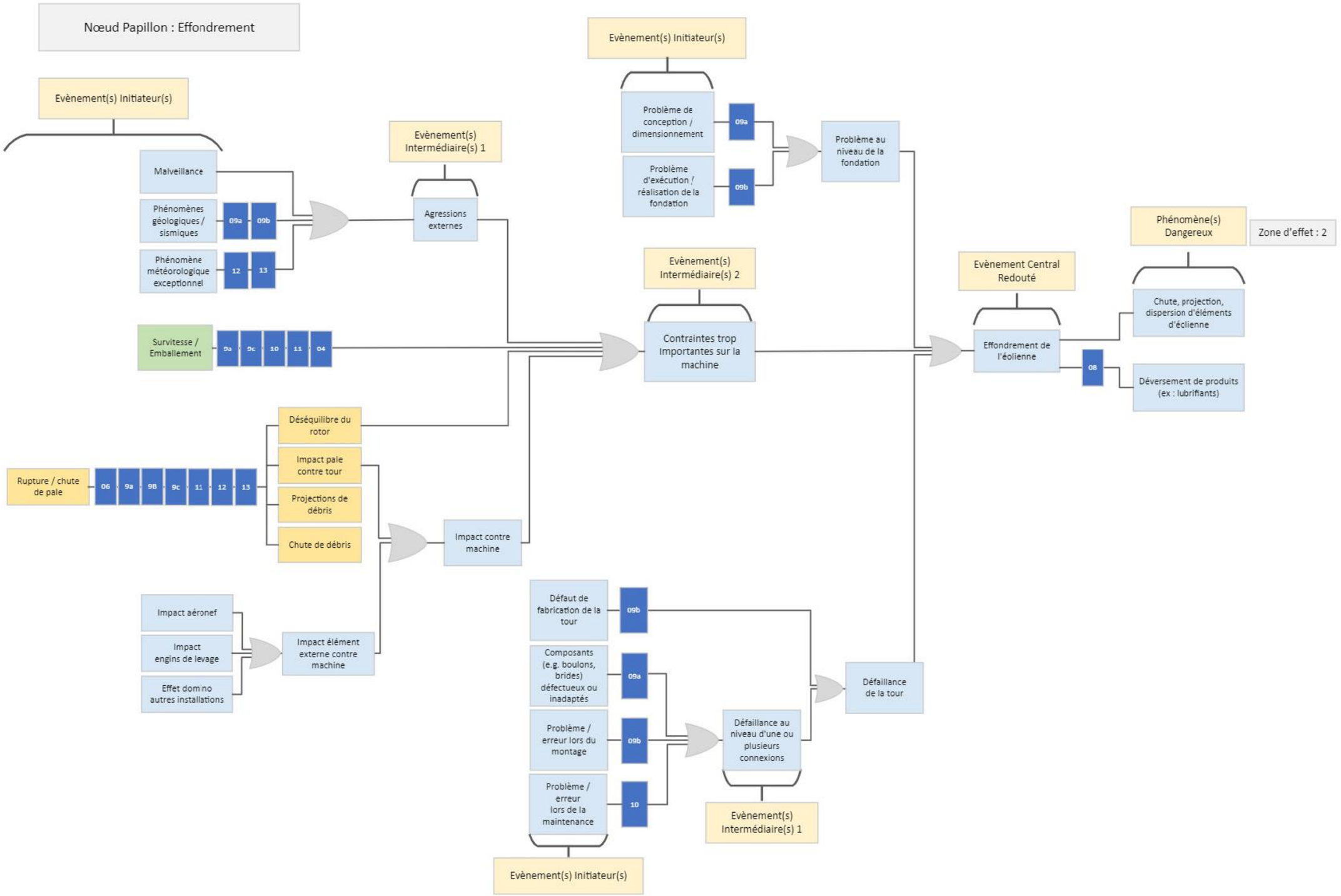
NB : Le Noeud Papillon « Effondrement de l'éolienne » étant complexe à représenter et à lire, a été scindé en plusieurs parties, ce qui a donné lieu aux Noeuds Papillon « Rupture / Chute de pale » et « Survitesse ».

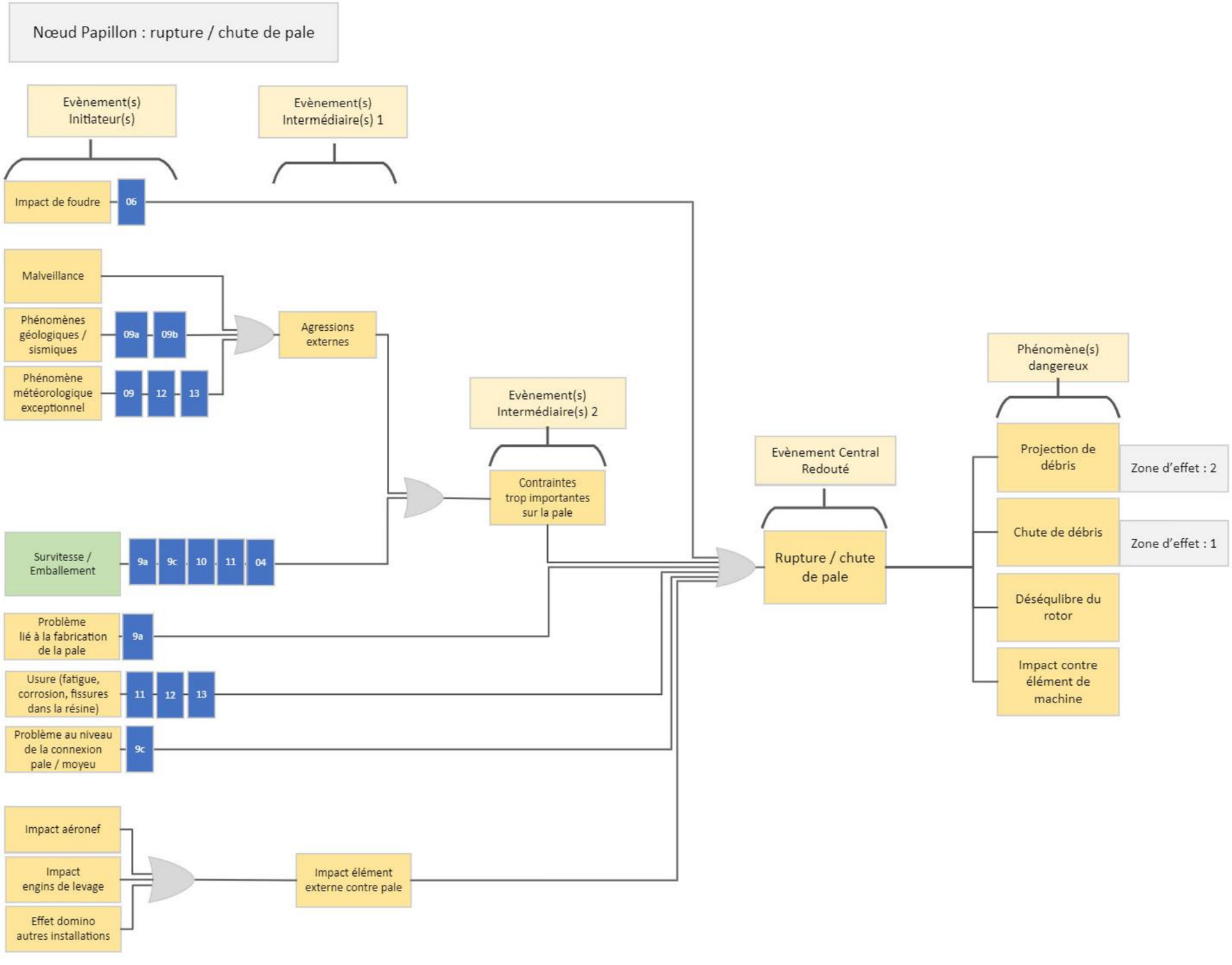
Pour faciliter la lecture de ces derniers, et pour clairement identifier leurs liens mutuels, un code couleur a été mis en place :

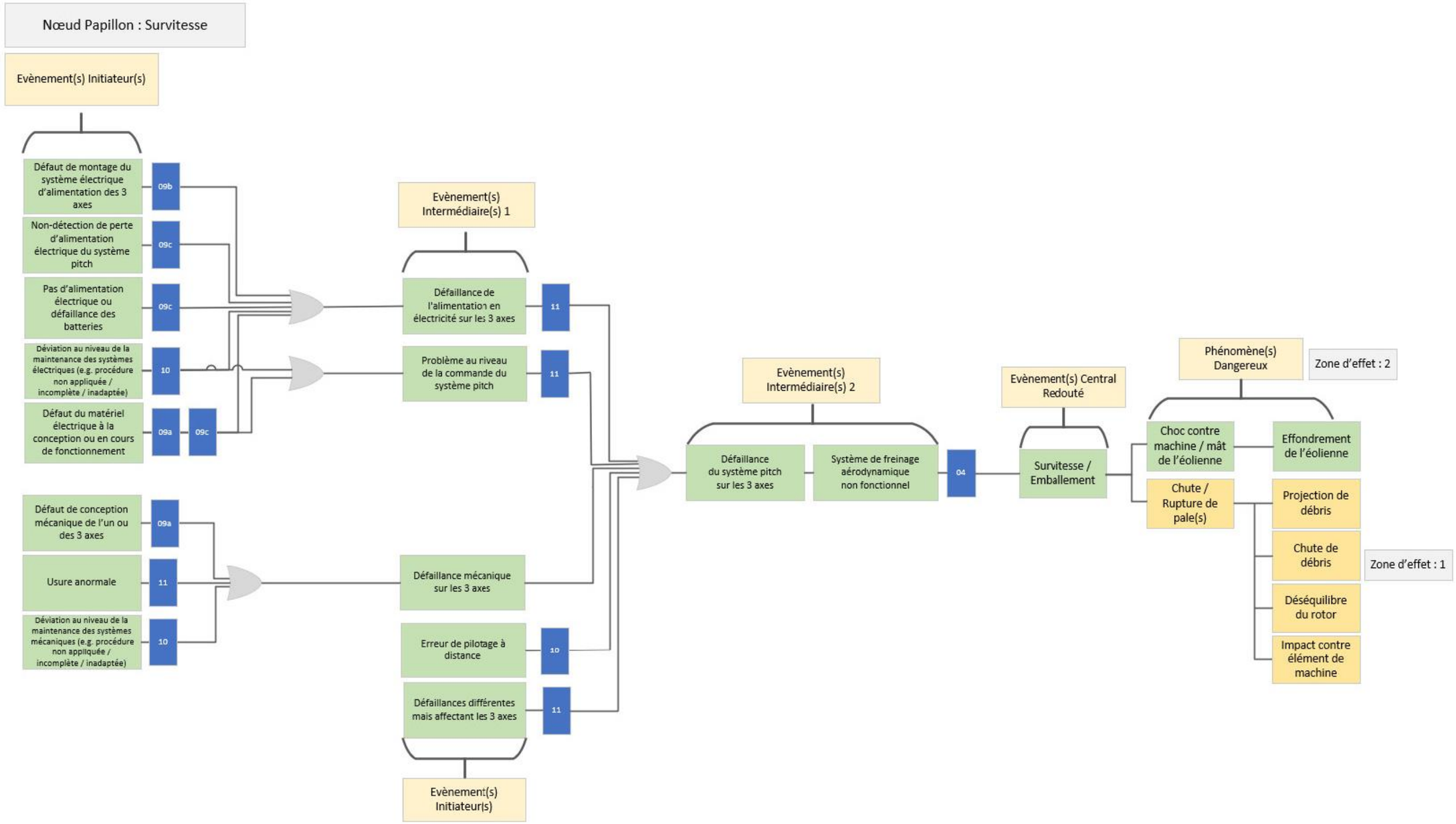
- Le jaune s'associe à la « Rupture / Chute de Pales » ;
- Le vert s'associe à la « Survitesse ».

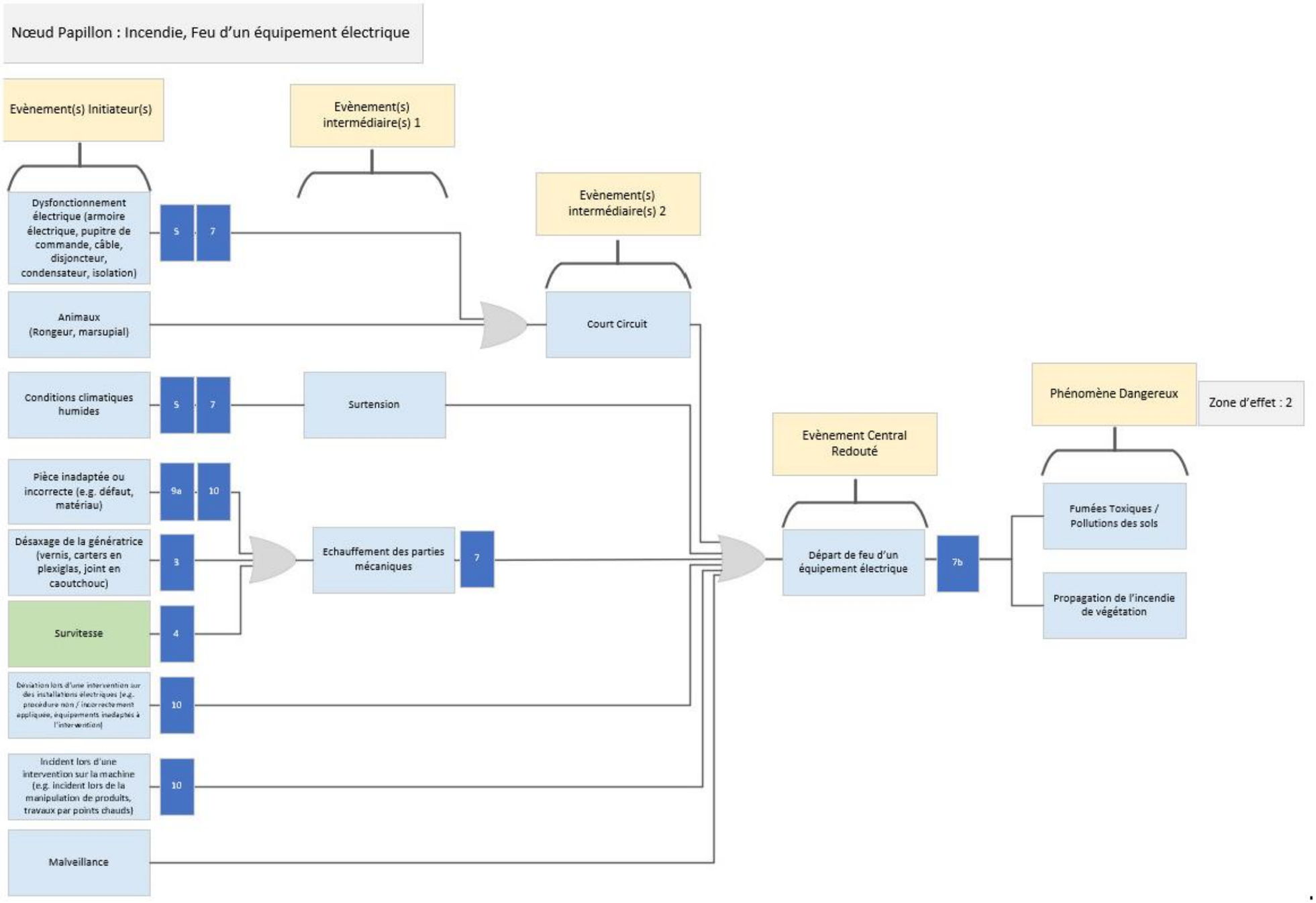
Les cases bleues marines numérotées identifient les fonctions de sécurité pertinentes à la prévention de certains évènements accidentels.

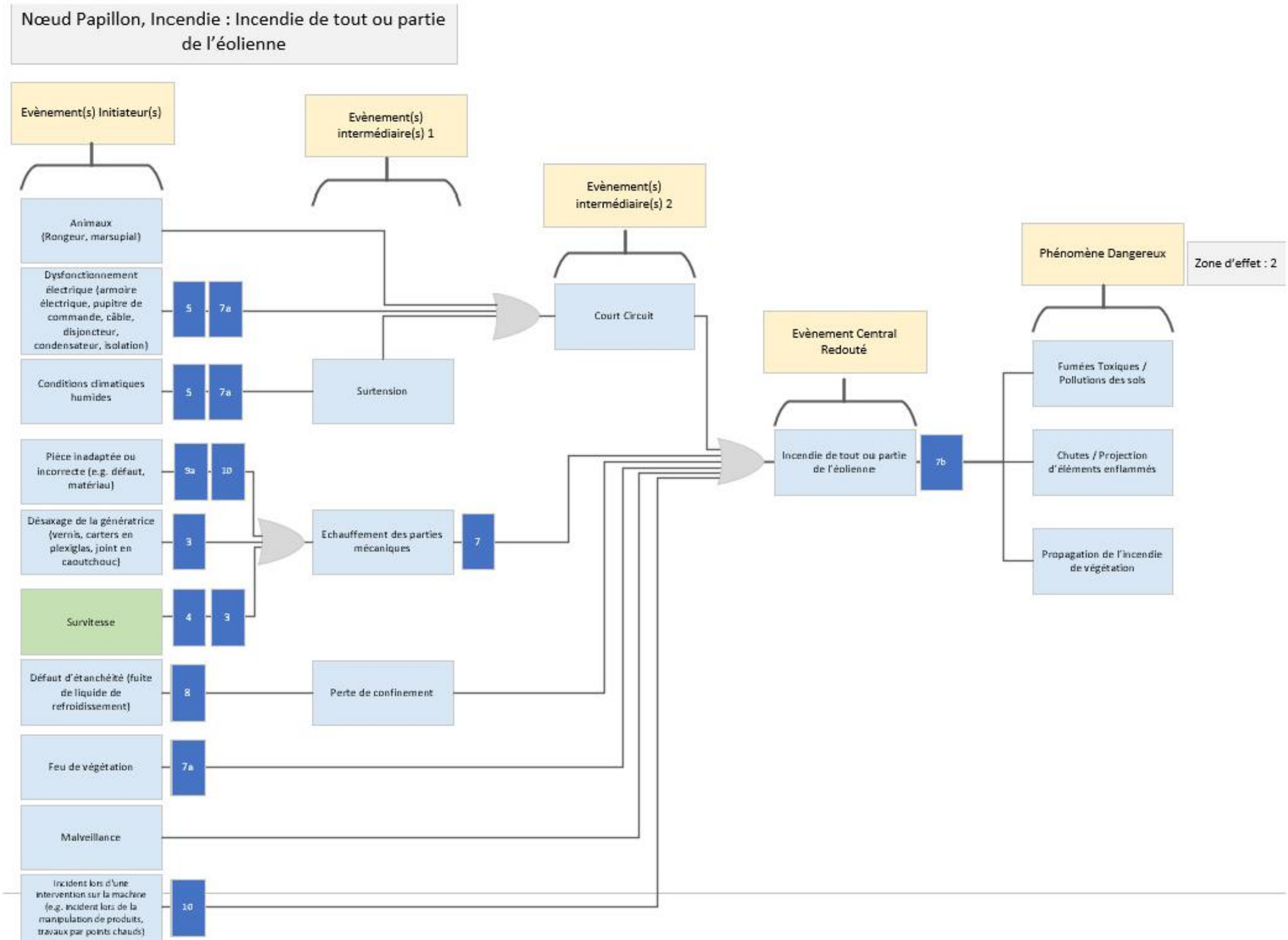
Les demi-lunes « OU » impliquent qu'un même évènement peut avoir plusieurs causes, distinctes les unes des autres.

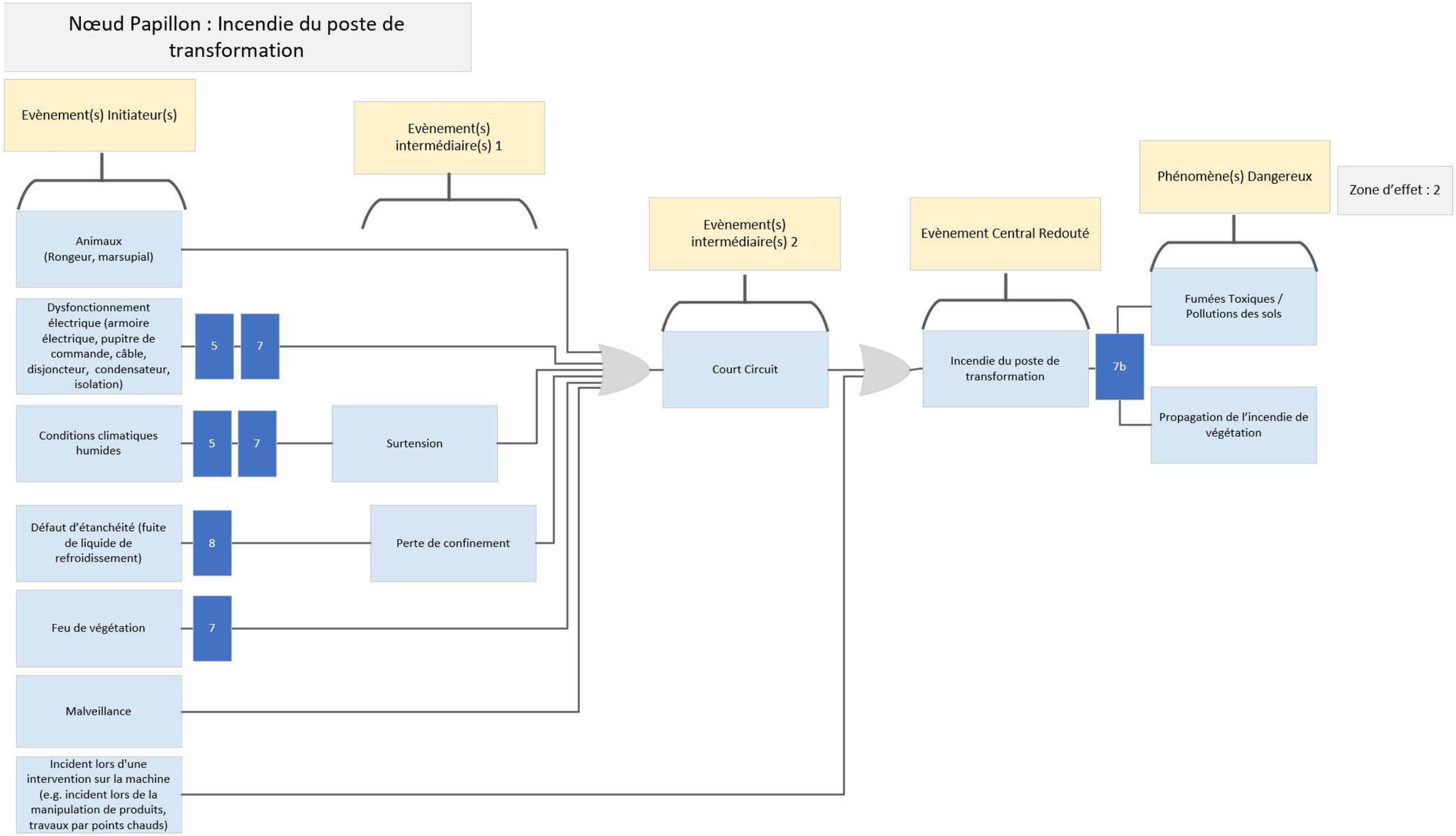

Nœud Papillon : Effondrement
Evènement(s) Initiateur(s)
Malveillance
Phénomènes géologiques / sismiques
09a
09b
Phénomène météorologique exceptionnel
12
13
Survitesse / Emballement
9a
9c
10
11
04
Rupture / chute de pale
06
9a
9B
9c
11
12
13
Déséquilibre du rotor
Impact pale contre tour
Projections de débris
Chute de débris
Impact aéronef
Impact engins de levage
Effet domino autres installations
Evènement(s) Intermédiaire(s) 1
Agressions externes
Impact élément externe contre machine
Impact contre machine
Evènement(s) Initiateur(s)
Problème de conception / dimensionnement
09a
Problème d'exécution / réalisation de la fondation
09b
Problème au niveau de la fondation
Evènement(s) Intermédiaire(s) 2
Contraintes trop importantes sur la machine
Défaut de fabrication de la tour
09b
Composants (e.g. boulons, brides) défectueux ou inadaptés
09a
Problème / erreur lors du montage
09b
Problème / erreur lors de la maintenance
10
Evènement(s) Initiateur(s)
Défaillance au niveau d'une ou plusieurs connexions
Evènement(s) Intermédiaire(s) 1
Défaillance de la tour
Evènement Central Redouté
Effondrement de l'éolienne
08
Phénomène(s) Dangereux
Zone d'effet : 2
Chute, projection, dispersion d'éléments d'éclienne
Déversement de produits (ex : lubrifiants)


Nœud Papillon : rupture / chute de pale
Evènement(s) Initiateur(s)
Evènement(s) Intermédiaire(s) 1
Impact de foudre
06
Malveillance
Phénomènes géologiques / sismiques
09a
09b
Phénomène météorologique exceptionnel
09
12
13
Agressions externes
Evènement(s) Intermédiaire(s) 2
Contraintes trop importantes sur la pale
Survitesse / Emballement
9a
9c
10
11
04
Problème lié à la fabrication de la pale
9a
Usure (fatigue, corrosion, fissures dans la résine)
11
12
13
Problème au niveau de la connexion pale / moyeu
9c
Impact aéronef
Impact engins de levage
Effet domino autres installations
Impact élément externe contre pale
Evènement Central Redouté
Rupture / chute de pale
Phénomène(s) dangereux
Projection de débris
Zone d'effet : 2
Chute de débris
Zone d'effet : 1
Déséquilibre du rotor
Impact contre élément de machine

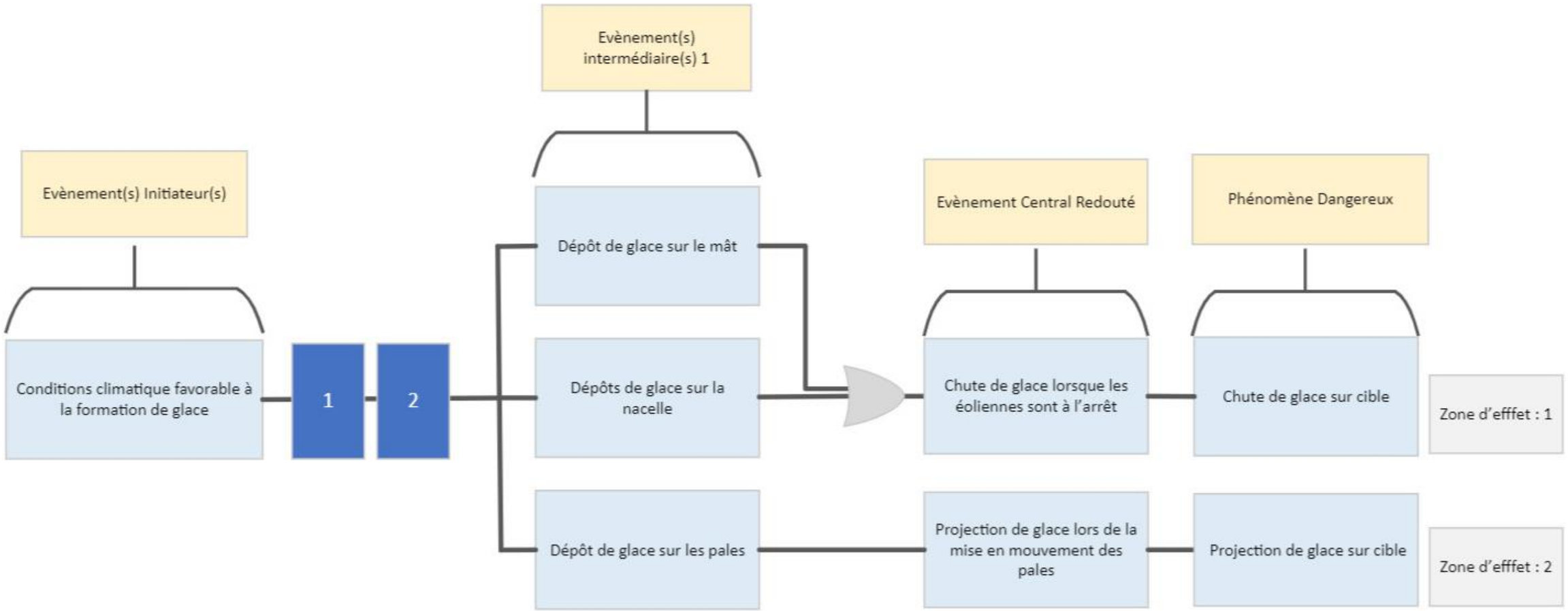

Nœud Papillon : Survitesse
Evènement(s) Initiateur(s)
Défaut de montage du système électrique d'alimentation des 3 axes
09b
Non-détection de perte d'alimentation électrique du système pitch
09c
Pas d'alimentation électrique ou défaillance des batteries
09c
Déviation au niveau de la maintenance des systèmes électriques (e.g. procédure non appliquée / incomplète / inadaptée)
10
Défaut du matériel électrique à la conception ou en cours de fonctionnement
09a
09c
Défaut de conception mécanique de l'un ou des 3 axes
09a
Usure anormale
11
Déviation au niveau de la maintenance des systèmes mécaniques (e.g. procédure non appliquée / incomplète / inadaptée)
10
Evènement(s) Intermédiaire(s) 1
Défaillance de l'alimentation en électricité sur les 3 axes
11
Problème au niveau de la commande du système pitch
11
Défaillance mécanique sur les 3 axes
Erreur de pilotage à distance
10
Défaillances différentes mais affectant les 3 axes
11
Evènement(s) Initiateur(s)
Evènement(s) Intermédiaire(s) 2
Défaillance du système pitch sur les 3 axes
Système de freinage aérodynamique non fonctionnel
04
Evènement(s) Central Redouté
Survitesse / Emballement
Phénomène(s) Dangereux
Zone d'effet : 2
Choc contre machine / mât de l'éolienne
Effondrement de l'éolienne
Chute / Rupture de pale(s)
Projection de débris
Chute de débris
Zone d'effet : 1
Déséquilibre du rotor
Impact contre élément de machine


Nœud Papillon : Incendie, Feu d'un équipement électrique
Evènement(s) Initiateur(s)
Evènement(s) intermédiaire(s) 1
Evènement(s) intermédiaire(s) 2
Dysfonctionnement électrique (armoire électrique, pupitre de commande, câble, disjoncteur, condensateur, isolation)
S
7
Animaux (Rongeur, marsupial)
Court Circuit
Conditions climatiques humides
S
7
Surtension
Pièce inadaptée ou incorrecte (e.g. défaut, matériau)
9a
10
Désaxage de la génératrice (vernis, carters en plexiglas, joint en caoutchouc)
3
Survitesse
4
Echauffement des parties mécaniques
7
Déviation lors d'une intervention sur des installations électriques (e.g. procédure non / incorrectement appliquée, équipements inadaptés à l'intervention)
10
Incident lors d'une intervention sur la machine (e.g. incident lors de la manipulation de produits, travaux par points chauds)
10
Malveillance
Evènement Central Redouté
Départ de feu d'un équipement électrique
7b
Phénomène Dangereux
Zone d'effet : 2
Fumées Toxiques / Pollutions des sols
Propagation de l'incendie de végétation

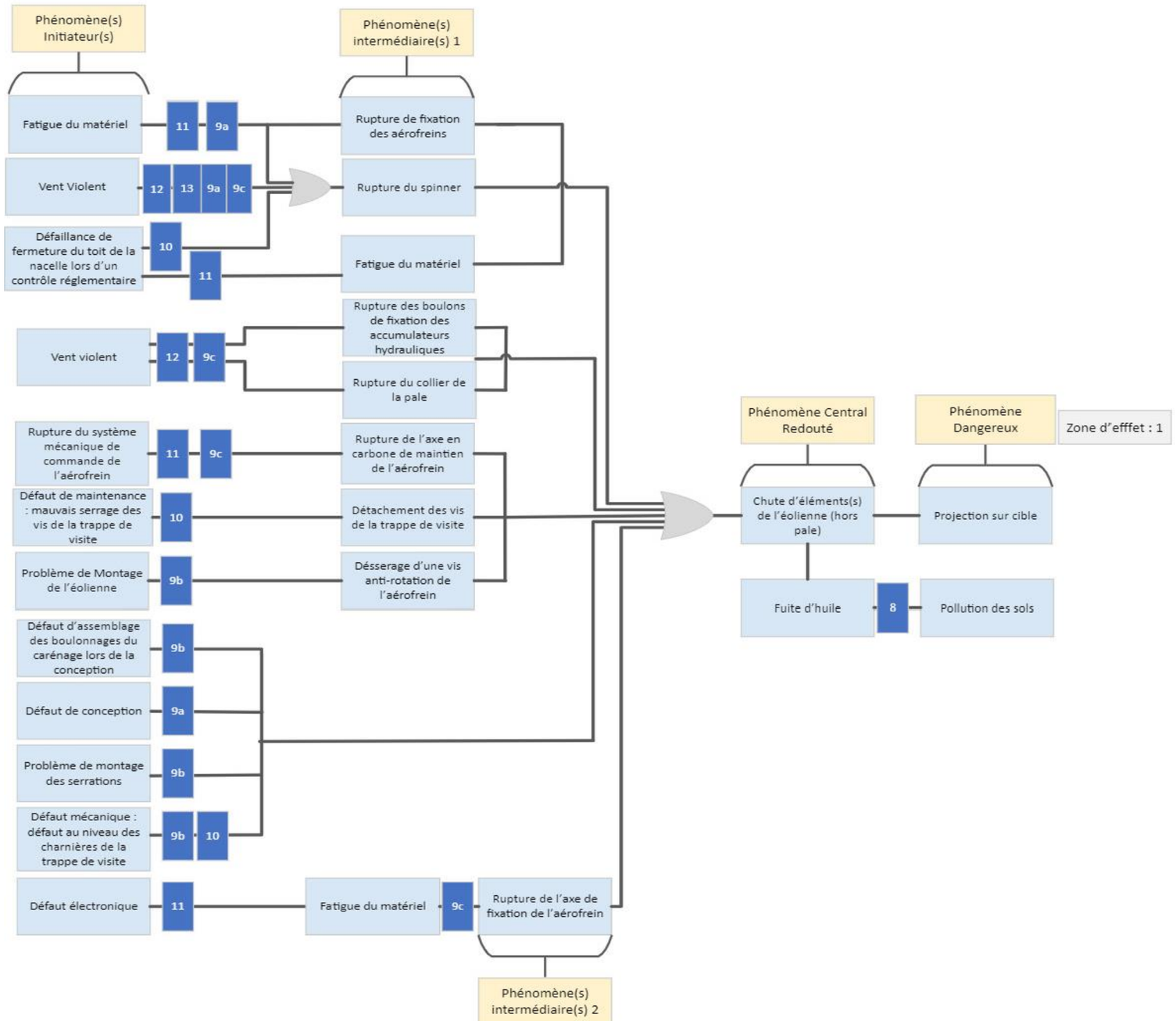

Nœud Papillon, Incendie : Incendie de tout ou partie de l'éolienne
Evènement(s) Initiateur(s)
Evènement(s) intermédiaire(s) 1
Evènement(s) intermédiaire(s) 2
Animaux (Rongeur, marsupial)
Dysfonctionnement électrique (armoire électrique, pupitre de commande, câble, disjoncteur, condensateur, isolation)
5
7a
Court Circuit
Conditions climatiques humides
5
7a
Surtension
Evènement Central Redouté
Phénomène Dangereux
Zone d'effet : 2
Fumées Toxiques / Pollutions des sols
Pièce inadaptée ou incorrecte (e.g. défaut, matériau)
9a
10
Incendie de tout ou partie de l'éolienne
7b
Chutes / Projection d'éléments enflammés
Désaxage de la génératrice (vernis, carters en plexiglas, joint en caoutchouc)
3
Echauffement des parties mécaniques
7
Survitesse
4
3
Propagation de l'incendie de végétation
Défaut d'étanchéité (fuite de liquide de refroidissement)
8
Perte de confinement
Feu de végétation
7a
Malveillance
Incident lors d'une intervention sur la machine (e.g. incident lors de la manipulation de produits, travaux par points chauds)
10


Nœud Papillon : Incendie du poste de transformation
Evènement(s) Initiateur(s)
Evènement(s) intermédiaire(s) 1
Evènement(s) intermédiaire(s) 2
Evènement Central Redouté
Phénomène(s) Dangereux
Zone d'effet : 2
Animaux (Rongeur, marsupial)
Dysfonctionnement électrique (armoire électrique, pupitre de commande, câble, disjoncteur, condensateur, isolation)
5
7
Conditions climatiques humides
5
7
Surtension
Défaut d'étanchéité (fuite de liquide de refroidissement)
8
Perte de confinement
Feu de végétation
7
Malveillance
Incident lors d'une intervention sur la machine (e.g. incident lors de la manipulation de produits, travaux par points chauds)
Court Circuit
Incendie du poste de transformation
7b
Fumées Toxiques / Pollutions des sols
Propagation de l'incendie de végétation

Nœud Papillon : chute de glace



Nœud Papillon : Chute d'éléments de l'éolienne (hors pales)



10.6 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 :

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

P_{ERC} = probabilité que l'événement 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	$5*10^{-2}$	$5*10^{-2}$ (A)
Chute d'éléments	10^{-3}	$1,8*10^{-2}$	$1,8*10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Projection de morceaux de glace	10^{-2}	$1,8*10^{-6}$	$1,8*10^{-8}$ (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.

10.7 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'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables (cf. art. 5 à 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005). Dans le tableau APR proposé, la cinétique peut être lente ou rapide. Dans le cas d'une cinétique lente, les enjeux ont le temps d'être mises 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'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposées, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;

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

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

réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité ;

réduction de l'intensité :

par action sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des vitesses de rotation, etc. ;

réduction des dangers: la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement ;

SER : Syndicat des Energies Renouvelables ;

FEE : France 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.

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 ;

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 Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin etal ;.

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., Leteurtrois 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.

ICONOGRAPHIE / LISTE DES ILLUSTRATIONS

SOMMAIRE DES CARTES

CARTE 1 : PLAN DE SITUATION DU PROJET DE PARC EOLIEN DE SAINT-OULPH ET D'ETRELLES-SUR-AUBE 11
CARTE 2 : ZONE D'ETUDE DES DANGERS DES EOLIENNES DE SAINT-OULPH ET ETRELLES-SUR-AUBE 13
CARTE 3 : LOCALISATION DE L'HABITAT PAR RAPPORT A LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS 16
CARTE 4 : INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT RECENSEES A PROXIMITE DE LA ZED 17
CARTE 5 : AUTRES ACTIVITES RECENSEES SUR LE SITE 17
CARTE 6 : LE RISQUE DE RUPTURE DE BARRAGE 18
CARTE 7 : L'ALEA RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES AU DROIT DE LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS 21
CARTE 8 : LE RISQUE DE REMONTEE DE NAPPES AU DROIT DE LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS 22
CARTE 9 : VOIES DE COMMUNICATION IDENTIFIEES AU DROIT DE LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS 23
CARTE 10 : RESEAUX ELECTRIQUES IDENTIFIES AU SEIN DE LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS 23
CARTE 11 : SYNTHESE DES ENJEUX SUR LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS 25
CARTE 12 ::SYNTHESE DES ENJEUX SUR LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS D'E1 26
CARTE 13 ::SYNTHESE DES ENJEUX SUR LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS D'E2 27
CARTE 14 ::SYNTHESE DES ENJEUX SUR LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS D'E3 28
CARTE 15 ::SYNTHESE DES ENJEUX SUR LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS D'E4 29
CARTE 16 ::SYNTHESE DES ENJEUX SUR LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS D'E5 30
CARTE 17 ::SYNTHESE DES ENJEUX SUR LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS D'E6 31
CARTE 18 ::SYNTHESE DES ENJEUX SUR LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS D'E7 32
CARTE 19 ::SYNTHESE DES ENJEUX SUR LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS D'E8 33
CARTE 20 ::SYNTHESE DES ENJEUX SUR LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS D'E9 34
CARTE 21 ::SYNTHESE DES ENJEUX SUR LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS D'E10 35
CARTE 22 ::SYNTHESE DES ENJEUX SUR LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS D'E11 36
CARTE 23 ::SYNTHESE DES ENJEUX SUR LA ZONE D'ETUDE DES DANGERS D'E12 37
CARTE 24 : LE PROJET EN PHASE D'EXPLOITATION 42
CARTE 25 : BALISAGE LUMINEUX DU CHAMP EOLIEN EN PERIODE DIURNE 45
CARTE 26 : BALISAGE LUMINEUX DU CHAMP EOLIEN EN PERIODE NOCTURNE 46
CARTE 27 : PLAN DU RACCORDEMENT INTER-EOLIEN ET DES POSTES DE LIVRAISON 48
CARTE 28 : SYNTHESE DES RISQUES POUR LES EOLIENNES DE SAINT-OULPH ET ETRELLES-SUR-AUBE 99
CARTE 29 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E1 100
CARTE 30 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E2 101
CARTE 31 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E3 102
CARTE 32 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E4 103
CARTE 33 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E5 104
CARTE 34 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E6 105
CARTE 35 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E7 106
CARTE 36 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E8 107
CARTE 37 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E9 108
CARTE 38 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E10 109
CARTE 39 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E11 110
CARTE 40 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E12 111

SOMMAIRE DES FIGURES

FIGURE 1 : COMPTAGES ROUTIERS EFFECTUES SUR LA D373 22
FIGURE 2 : SCHEMA SIMPLIFIE D'UN AEROGENERATEUR 40
FIGURE 3 : EXEMPLE DE MOYEU 44
FIGURE 4 : NUANCES DE COULEURS DES EOLIENNES 45
FIGURE 5 : SCHEMA TYPE D'UNE FONDATION 46
FIGURE 6 : SCHEMA DE PRINCIPE DU RACCORDEMENT ELECTRIQUE DES INSTALLATIONS. (SOURCE. ADEME ET CERESA READAPTE) 47
FIGURE 7 : PRINCIPE D'ENFOUISSEMENT ET COUPE D'UN CABLE DE RACCORDEMENT SOUTERRAIN (SOURCE : RTE) 47
FIGURE 8 : HYPOTHESE DE RACCORDEMENT DU PARC EOLIEN DE SAINT-OULPH ET D'ETRELLES-SUR-AUBE AU POSTE SOURCE DE FAUX-FRESNEY 49
FIGURE 9 : REPARTITION DES INCIDENTS PAR TYPE DE CAUSES DIRECTES (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE - ELABORATION DE L'ETUDE DE DANGERS DANS LE CADRE DES PARCS EOLIENS TERRESTRES OCTOBRE 2022) 63
FIGURE 10 : REPARTITION DES EVENEMENTS ACCIDENTELS ET DE LEURS CAUSES SUR LE PARC D'AEROGENERATEURS FRANÇAIS ENTRE 2000 ET 2024 65
FIGURE 11 : REPARTITION DES EVENEMENTS ACCIDENTELS ET LEURS CAUSES PREMIERES ENTRE 2000 ET 2024 66

inddigo

ICONOGRAPHIE / LISTE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 12 : NOMBRE D'INCIDENTS PAR AN ET PAR TYPE D'EVENEMENTS ENTRE 2000 ET JUILLET 2022 (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE - ELABORATION DE L'ETUDE DE DANGERS DANS LE CADRE DES PARCS EOLIENS TERRESTRES OCTOBRE 2022) 67
FIGURE 13 : NOMBRE D'ACCIDENTS SURVENUS SUR LES PARCS EOLIENS PAR RAPPORT AU CUMUL DES MW INSTALLES, PERIODE 2001-2021 (SOURCE : GUIDE TECHNIQUE - ELABORATION DE L'ETUDE DE DANGERS DANS LE CADRE DES PARCS EOLIENS TERRESTRES OCTOBRE 2022) 67
FIGURE 14 : SCHEMA UNIFILAIRE GENERAL – PDL 1 ET E6,E7 ET E8 119
FIGURE 15 : SCHEMA UNIFILAIRE GENERAL – PDL 2 ET E1, E5 ET E9 120
FIGURE 16 : SCHEMA UNIFILAIRE GENERAL – PDL 3 ET E2, E3 ET E4 121
FIGURE 17 : SCHEMA UNIFILAIRE – PDL 4 ET E10, E11 ET E12 122

SOMMAIRE DES ILLUSTRATIONS

ILLUSTRATION 1 : EMPRISES AU SOL D'UNE EOLIENNE 41

SOMMAIRE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : COORDONNEES DES EQUIPEMENTS DU PROJET EOLIEN DE SAINT-OULPH ET ETRELLES-SUR-AUBE (SOURCE : JPEE) 12
TABLEAU 2 : DISTANCES D'ELOIGNEMENT DES EOLIENNES VIS-A-VIS DES PLUS PROCHES HABITATIONS ET ZONES D'HABITATION 16
TABLEAU 3 : CARACTERISTIQUES DES VENTS VIOLENTS (SOURCE : METEO-FRANCE) 19
TABLEAU 4 : DONNEES SUR LES TEMPERATURES MINIMALES ENREGISTREES A LA STATION DE TROYES-BARBEREY (SOURCE : METEO-FRANCE) 19
TABLEAU 5 : DONNEES PLUVIOMETRIQUES ENREGISTREES A LA STATION DE TROYES-BARBEREY (SOURCE : METEO-FRANCE) 20
TABLEAU 6 : POTENTIELS DE DANGERS RETENUS POUR L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES POUR LE PARC EOLIEN DE SAINT-OULPH ET ETRELLES-SUR-AUBE 24
TABLEAU 7 : CARACTERISTIQUES ET GABARITS DES AEROGENERATEURS ENVISAGES POUR LE PARC EOLIEN DE SAINT-OULPH ET ETRELLES-SUR-AUBE 43
TABLEAU 8 : POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DU PARC EOLIEN DE SAINT-OULPH ET ETRELLES-SUR-AUBE 58
TABLEAU 9 : PRINCIPALES AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES RETENUES POUR L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES 72
TABLEAU 10 : PRINCIPALES AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS RETENUES POUR L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES 73
TABLEAU 11 : ANALYSE GENERIQUE DES RISQUES CONCERNANT UN PARC EOLIEN 74
TABLEAU 12 : SCENARIOS EXCLUS DE L'ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES (SOURCE : INERIS) 83
TABLEAU 13 : DETERMINATION DES SEUILS D'EXPOSITION A UN ACCIDENT SE PRODUISANT SUR UNE EOLIENNE 87
TABLEAU 14 : DETERMINATION DES NIVEAUX DE GRAVITE EN FONCTION DES SEUILS D'EXPOSITION 88
TABLEAU 15 : ÉCHELLE DE PROBABILITE QUANTITATIVE PRESENTEE EN ANNEXE 1 DE L'ARRETE DU 29 SEPTEMBRE 2005 88
TABLEAU 16 : INTENSITE DU PHENOMENE D'EFFONDREMENT D'EOLIENNE 89
TABLEAU 17 : NOMBRE DE PERSONNES PERMANENTES EXPOSEES AU RISQUE D'EFFONDREMENT D'EOLIENNE ET GRAVITE ASSOCIEE 89
TABLEAU 18 : PROBABILITES D'EFFONDREMENT D'EOLIENNE RETENUES DANS LA LITTERATURE 90
TABLEAU 19 : ACCEPTABILITE DU RISQUE D'EFFONDREMENT D'EOLIENNE 90
TABLEAU 20 : INTENSITE DU PHENOMENE DE CHUTE DE GLACE 91
TABLEAU 21 : NOMBRE DE PERSONNES PERMANENTES EXPOSEES AU RISQUE DE CHUTE DE GLACE ET GRAVITE ASSOCIEE 91
TABLEAU 22 : ACCEPTABILITE DU RISQUE DE CHUTE DE GLACE 91
TABLEAU 23 : INTENSITE DU PHENOMENE DE CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE 92
TABLEAU 24 : NOMBRE DE PERSONNES PERMANENTES EXPOSEES AU RISQUE DE CHUTE D'ELEMENTS ET GRAVITE ASSOCIEE 92
TABLEAU 25 : ACCEPTABILITE DU RISQUE DE CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE 93
TABLEAU 26 : INTENSITE DU PHENOMENE DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE 94
TABLEAU 27 : NOMBRE DE PERSONNES PERMANENTES EXPOSEES AU RISQUE DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE ET GRAVITE ASSOCIEE 94
TABLEAU 28 : ACCEPTABILITE DU RISQUE DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE 95
TABLEAU 29 : INTENSITE DU PHENOMENE DE PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE 96
TABLEAU 30 : NOMBRE DE PERSONNES PERMANENTES EXPOSEES AU RISQUE DE PROJECTION DE GLACE ET GRAVITE ASSOCIEE 96
TABLEAU 31 : ACCEPTABILITE DU RISQUE DE PROJECTION DE GLACE 97
TABLEAU 32 : TABLEAU DE SYNTHESE DES SCENARIOS ETUDIES 97

inddigo

ICONOGRAPHIE / LISTE DES ILLUSTRATIONS

eTableau 33 : Matrice d'acceptabilite des scenarios etudies 97
Tableau 34 : Accidentologie recensee en France entre les annees 2000 et janvier 2024 (Sources : base de donnees ARIA, articles de presse) 129